ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 OCTOBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la représentation plane de l'espace.* Note de M. **d'Ocagne**.

Les modes couramment employés de représentation plane de l'espace apparaissent, sous la forme où ils sont traditionnellement enseignés, comme procédant de concepts distincts, au moins en apparence. Il peut n'être pas sans intérêt de les faire dériver d'un principe unique.

Les points de l'espace constituant un système triplement infini, c'est-à-dire dépendant de trois paramètres, et les points d'un plan, un système doublement infini seulement, il n'est pas possible d'établir une correspondance univoque entre les uns et les autres, ni, par conséquent, d'obtenir une représentation plane, simplement ponctuelle, de l'espace. Pour réaliser une représentation plane de l'espace, il faut, de toute nécessité, faire correspondre, de manière univoque, à chaque point de cet espace, un élément dépendant, sur le plan, de trois paramètres; théoriquement, cela est possible d'une infinité de manières; pratiquement, le choix ne doit se porter que sur des éléments comportant un tracé expéditif et se prêtant à des constructions simples, en vue de déduire des éléments représentatifs de points donnés dans l'espace ceux d'autres points liés aux premiers par des conditions géométriques données. Cette considération est de nature à réduire très sensiblement le champ des possibilités auxquelles on peut avoir recours.

Toute courbe plane dépendant de trois paramètres (comme un cercle quelconque, une parabole dont l'axe a une direction fixe, etc.) peut servir

d'élément fondamental pour la représentation telle qu'elle vient d'être définie, sa détermination étant liée d'une façon aussi simple que possible, mais nécessairement univoque, aux trois paramètres servant à définir la position du point correspondant dans l'espace (généralement ses coordonnées rapportées à un certain trièdre de référence trirectangle $Oxyz$). On déterminera, par exemple, le cercle représentatif du point (x, y, z) par son centre, auquel on affectera les coordonnées x et y, et son rayon que l'on prendra égal à z.

De fait, un tel mode de représentation a été systématiquement étudié, dès 1828, par Cousinery, sous le nom de *géométrie perspective*.

Mais il est possible de faire choix d'un élément à triple indétermination, plus simple que toute courbe répondant à la question, fût-elle même seulement un cercle, en n'ayant recours qu'à des points. Un couple de points sur un plan dépend de quatre paramètres; pour obtenir un élément représentatif des points de l'espace, il faut donc n'envisager sur le plan que des couples de points satisfaisant à une condition particulière qui réduise à trois le nombre des paramètres par lesquels chaque couple sera déterminé. Il est clair, d'autre part, qu'il y aura avantage, au point de vue de la commodité des tracés, à donner à cette condition particulière une forme projective; la plus simple assurément qu'elle puisse revêtir est celle de l'alignement des deux points formant le couple représentatif sur un point fixe.

On aperçoit immédiatement le moyen de réaliser un tel mode de représentation : il suffit de projeter chaque point M de l'espace, à partir de deux centres de projection P et P′ sur un même plan de projection Π; si m et m' sont les projections ainsi obtenues, la droite mm', dite *de rappel*, passe bien par un point fixe, savoir celui où la droite PP′ perce le plan Π, et le couple $(m.m')$ constitue alors un élément représentatif du point M dans le plan Π, répondant à la condition posée.

On a ainsi la représentation par *double perspective* à laquelle, en 1902, M. Baudran a consacré une étude spéciale dans les *Nouvelles Annales de Mathématiques* (p. 552).

Si la droite PP′ est parallèle au plan de projection, les deux figures engendrées respectivement par m et par m', regardées séparément par les yeux d'un même observateur, placés en P et en P′, font naître, pour cet observateur, l'effet stéréoscopique.

Prenant, en particulier, pour plan Π, la face Oxy du trièdre de référence, pour centre P le point à l'infini sur Oz, pour centre P′ le point à l'infini sur la bissectrice de l'angle yOz, on obtient le mode de représenta-

tion ainsi défini : le point M est représenté par sa projection orthogonale m sur Oxy et le point m' situé sur la ligne de rappel parallèle à Oy menée par m, et tel que le vecteur mm' porté sur cette ligne de rappel soit égal, en grandeur et sens, à z. Le système spécial de géométrie descriptive qui en résulte est celui qui a été étudié, en 1917, par M. Juhel-Rénoy dans la *Revue de l'enseignement des Sciences* (t. 11, p. 188).

En vue de répondre à certaines convenances particulières, on peut être amené à ne pas effectuer directement la seconde projection sur le plan Π; en pareil cas, ayant fait d'abord une projection sur Π à partir de P et une autre sur Π_1 à partir de P_1, on projette, à son tour, cette seconde projection sur Π à partir de P'. Si m, m_1 et m' sont les projections du point M ainsi successivement obtenues, pour que le couple (m, m'), représentatif de M sur Π, soit, comme précédemment, aligné sur un point fixe, il faut que les trois centres de projection P, P_1, P' soient situés sur une même droite, le point fixe vers lequel convergent toutes les droites de rappel mm' étant alors le point où cette droite PP_1P' perce le plan Π.

Si, ayant rapporté tous les points de l'espace au trièdre trirectangle $Oxyz$, on prend, dans ces conditions, le plan Oxy (dit alors *horizontal*) pour plan Π, le plan Oxz (dit *vertical*) pour plan Π_1, le point à l'infini sur Oz pour point P, le point à l'infini sur Oy pour point P_1, le point à l'infini sur la bissectrice de l'angle yOz pour point P', on tombe sur le mode de représentation usité en *géométrie descriptive ordinaire*. La droite PP_1P' est alors la droite à l'infini du plan Oyz et les lignes de rappel sont toutes parallèles à Oy.

Si l'on prend le plan Oxz (*tableau*) pour plan Π, le plan Oxy (*géométral*) pour plan Π_1, le point P quelconque à distance finie (*point de vue*), le point à l'infini sur Oz pour point P_1, le point P' coïncidant avec P, on obtient la représentation usuelle dite *perspective conique*. La droite PP_1 est alors parallèle à Oz et les lignes de rappel sont toutes parallèles à cet axe.

Le plan Π étant cette fois orienté de façon quelconque par rapport au trièdre $Oxyz$ et les points P et P' confondus à l'infini d'une droite Δ également quelconque, non située dans Π, si l'on prend le plan Oxy pour plan Π_1 et le point à l'infini sur Oz pour point P_1, on a (en supposant les segments unitaires marqués sur les projections de Ox, Oy et Oz) la *perspective axonométrique*, qui, lorsque le plan Π est également incliné sur les trois faces du trièdre $Oxyz$ et la droite Δ perpendiculaire à ce plan, devient la *perspective isométrique*, lorsque le plan Π est parallèle au plan Oxz et la direction de Δ quelconque, la *perpective cavalière*.

La définition de tous les modes usuels de représentation plane de l'espace se trouve donc ainsi ramenée à l'unité.

Les principes ici appliqués seraient susceptibles d'extension à la représentation plane d'un espace à quatre dimensions. Ici, chaque point dépendant de quatre paramètres, il devra en être de même de son élément représentatif dans le plan; cet élément pourra donc être un couple de deux points, non assujetti, cette fois, à aucune condition particulière. Reste à établir un mode de correspondance univoque entre ce couple représentatif et le point de l'espace quadridimensionnel défini par ses quatre coordonnées x, y, z, t; on peut évidemment le faire de diverses façons. Reprenons, par exemple, le mode de représentation de l'espace ordinaire en perspective axonométrique; il revient à ceci : les vecteurs x, y, z étant portés respectivement dans des directions fixes données, avec des modules constants correspondant à chacune d'elles, on peut dire que le couple (m, m') représentatif du point de coordonnées x, y, z s'obtient en prenant, à partir d'un point fixe O, le vecteur résultant Om' de x et y, puis, à partir de m', le vecteur $m'm$ équipollent à z. Passant au cas de quatre dimensions x, y, z, t, nous dirons que pour avoir le couple représentatif (m, m') il suffit de prendre, à partir du point fixe O, le vecteur résultant Om' de x et y, puis, à partir de m', le vecteur résultant $m'm$ de z et t.

Mais ce mode de correspondance entre x, y, z, t, d'une part, m et m', de l'autre, n'a rien de nécessaire, et, pourvu qu'il ne cesse pas d'être univoque, on peut, pour la commodité des applications, lui donner telle autre forme que l'on veut.

CORRESPONDANCE.

MM. **Carl Benedicks**, **Jean Chazy**, **Charles Chèneveau**, **Jules Drach**, **René Dubrisay**, **M. Garnier**, **Marcel Godchot**, **Jean Le Roux**, **Gino Loria**, **Paul Muller**, **C. Raveau**, **H. Roussilhe**, **Rodolphe Soreau**, **Carl Störmer**, **Georges Tanret**, **Wladimir Vernadsky** adressent des remerciments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Mollusques terrestres et fluviatiles de Syrie, par Louis Germain. (Présenté par M. Joubin.)

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les diviseurs de certains groupes linéaires galoisiens.* Note de M. DE SÉGUIER, présentée par M. Appell.

Lorsqu'on cherche les diviseurs d'un groupe linéaire dans un champ galoisien $\mathfrak{C}$ d'ordre $\pi = p^K$ (p premier), un des premiers problèmes qui se posent est de déterminer les diviseurs isomorphes au groupe $\mathfrak{L}(2, p^m)$ formé des substitutions $\frac{\alpha z + \beta}{\gamma z + \delta}$ dans le champ $\mathfrak{C}_m$ d'ordre p^m, ou à son diviseur $\mathfrak{O}(2, p^m)$ d'indice 2.

Je me servirai dans ce qui suit des mêmes notations que dans mon Mémoire *Sur les groupes à invariant bilinéaire ou quadratique dans un champ de Galois* (*J. M.*, 1916) dont je rappellerai seulement quelques-unes.

Soit $A(n, \pi)$ un groupe linéaire à n variables conservant un invariant a hermitien, bilinéaire, gauche ou quadratique, les substitutions de A étant dans $\mathfrak{C}$ si a est gauche ou quadratique, dans le champ $\mathfrak{C}'$ d'ordre π^2 si a est hermitienne. Je désigne par $A^0(n, \pi)$ le diviseur de A formé des substitutions unimodulaires, par $A'(n, \pi)$ le groupe conservant a à un facteur près, par $D = \{d\}$ le groupe engendré par la similitude d'ordre 2, par $\mathcal{A}(n, \pi)$ ce que devient A quand on regarde les variables comme homogènes.

Je me suis proposé de chercher un diviseur $\mathcal{X}$ de $\mathcal{A}$ isomorphe à $\mathfrak{L}(2, p^m)$, où les s_p soient irréductibles (c'est-à-dire n'aient qu'une suite canonique lorsqu'on regarde les variables comme non homogènes), en supposant $p \geqq n > 2$. Voici les principaux résultats que j'ai obtenus.

Pour que $\mathcal{X}$ existe, il faut et suffit que A ait un diviseur X dont les similitudes forment un diviseur de D, et tel que $XD/D \equiv \mathcal{X}$, l'ordre de X étant minimum. Pour que X existe, il faut que m divise $K = mk$. Il faut de plus, si a est gauche, que k soit pair, et, si a est quadratique, que n soit impair.

Soit ν le plus grand entier $\leqq \frac{1}{2} n$. Je supposerai A de l'une des formes H, G, Q, ou, pour $n = 2\nu + 1$, $\overline{H}$, a ayant les formes correspondantes. Je rangerai ici les variables dans l'ordre $y_1, \ldots, y_\nu, x, x_\nu, \ldots, x_1$, en supprimant x s'il ne se présente pas, et je les désignerai dans cet ordre par $y_1, \ldots, y_n$.

1. En remplaçant X par un de ses conjugués dans A ou, si $A = G$, dans A', on peut supposer :

1° Qu'un de ses g_{p^m} est le groupe ϖ dérivé des substitutions σ_α de matrice $(\sigma_{\alpha ik})$ où $\sigma_{\alpha ik} = 0$ si $i < k$, $\sigma_{\alpha ii} = 1$, $\sigma_{\alpha ik} = \frac{s_i}{s_k} \frac{\alpha^{i-k}}{(i-k)!}$, en posant $\sigma_1 = \sigma$, $\sigma_{1ik} = \sigma_{ik}$, $s_l = \sigma_{21}\sigma_{32} \ldots \sigma_{l,l-1}$ si $l \geqq 2$, $s_1 = 1$, et,

si $A = H$ ou G, $\sigma_{21} = \sigma_{32} = \ldots = \sigma_{\nu+1,\nu} = 1$; $\sigma_{n+1-i,n-i} = -\sigma_{i+1,i}(i = 1, \ldots,$

$\nu - 1$ si $\nu > 1$); $\sigma_{\nu+2,\nu+1} = -\omega\sigma_{\nu+1,\nu}$ si $n = 2\nu + 1$ ($\omega = \dot{\upsilon} - \upsilon$, $\dot{\upsilon}$ étant un élément définissant de $\mathcal{E}'$);

si $A = \overline{H}$ (avec $n = 2\nu + 1$) ou Q, $\sigma_{i,i-1} = (-1)^i$ ($i = 2, \ldots, n$);

2° Que X contient une substitution μ_m de la forme $[\xi]^{-g}\mu_0^g$ où $\mu_0 = |y_k \iota^k y_k|$ ($k = 1, \ldots, n$), ι étant primitif dans $\mathcal{E}$, $[\xi]$ la similitude de multiplicateur ξ égal à $\iota^{\nu+1}$ si $n = 2\nu + 1$, à $\sqrt{-\iota^{n+1}}$ si $n = 2\nu$ avec $A = H$, à $\sqrt{\iota^{n+1}}$ si $n = 2\nu$ avec $A = G$, et $g = \dfrac{\pi - 1}{p^m - 1}$.

2. En posant $\{\varpi, \mu_m\} = \Phi$, $\Phi D / D$ est isomorphe à $\{z + 1, \iota^g z\}$, et X est déterminé par celle γ de ses substitutions qui vérifie $D\gamma^2 = D$, $D\gamma^{-1}\mu_m\gamma = D\mu_m^{-1}$, $\sigma\gamma\sigma = \gamma\sigma^{-1}\gamma$ [$D\gamma$ correspond à $-z^{-1}$ de $\mathfrak{L}(2, p^m)$]. $X = \{\Phi, \gamma\}$ a toujours une détermination X^0 où γ est,

si $A = H$ ou G, la substitution γ_0 qui remplace y_i pour $i \leqq \nu$ par $\dfrac{(-1)^{n+i}\sigma_{i1}}{\sigma_{n+1-i,1}} y_{n+1-i}$, y_{n+1-i} par $\dfrac{(-1)^{i+1}\sigma_{n+1-i}}{\sigma_{i1}} y_i$, et, si $n = 2\nu + 1$, $y_{\nu+1}$ par $(-1)^\nu y_{\nu+1}$,

si $A = \overline{H}$ (avec $n = 2\nu + 1$) ou Q, la substitution γ_0 qui remplace y_i par $\dfrac{(-1)^{i+1}\sigma_{i1}}{\sigma_{n+1-i,1}} y_{n+1-i}$ ($i = 1, \ldots, n$).

Si $m = 1$ et $n = p - 1 = 2\nu$, X a une autre détermination X_1 où γ est la substitution γ_1 qui remplace y_i, pour $i \leqq \nu$, par $\dfrac{(-1)^{\nu+i}\sigma_{\nu,\nu+1-i}}{\sigma_{\nu i}} y_{\nu+1-i}$ et y_j pour $j = n + 1 - i$ par $\dfrac{(-1)^{\nu+i}\sigma_{\nu i}}{\sigma_{\nu,\nu+1-i}} y_{i+\nu}$, et X_1 ($\equiv X_0$) n'est pas conjugué de X_0 dans A.

Si $m = 1$ et $n = p$, X a une autre détermination X_2 où γ est la substitution γ_2 qui conserve y_1 et y_n, et remplace y_i, pour $i = 2, \ldots, n - 1$, par $\dfrac{(-1)^i s_i}{s_{n+1-i}} \dfrac{(n-1-i)!}{(i-2)!}$, et X_2 ($\equiv X_0$) n'est pas conjugué de X_0 dans A.

3. Tout diviseur de A isomorphe à X est conjugué dans A ou, si $A = G$, dans A′ de l'un des groupes X_i.

Le normalisant de X_i dans A est X_i sauf si $n = p$ avec $m = 1$ et $A = H$ ou $\overline{H}$: dans le premier cas il est $\{X_i, u_{1\iota^g}\}$, et dans le second $\{X_i, \bar{u}_{1,\omega\iota^g}\}$.

Quand X_i contient d, le diviseur $X_i^0 = \{\varpi, \mu_m^2, \gamma_i\}$ d'indice 2 dans X_i est isomorphe à $U(2, p^m)$.

Tout diviseur de $\mathcal{A}$ isomorphe à $\mathfrak{V}(2, p^m)$ divise un des groupes $\mathfrak{X}_0$, $\mathfrak{X}_1$, $\mathfrak{X}_2$ obtenus en regardant dans X_0, X_1, X_2 respectivement les variables comme homogènes.

Soit $p = 5$. Alors $\{\mathfrak{X}_0, \mathfrak{X}_1\}$ dans $\mathcal{G}(4, 5^2)$ et $\{X_0, X_2\}$ dans $Q^0(5, 5)$ sont

isomorphes au g^6_{720}; $\{\mathfrak{x}^0_0, \mathfrak{x}^0_1\}$ dans $\mathcal{G}(4, 5)$ et $\{X^0_0, X^0_2\}$ dans $R(5, 5)$ sont isomorphes au g^6_{360}.

4. Supposons désormais que $A = Q$. Alors :

1° X_0 divise R sauf si $\varkappa$ est impair et $\nu \equiv 1$ ou $2 \bmod 4$ (alors le plus grand commun diviseur de X_0, R est X^0_0). Pour que X_0 divise R, il faut et suffit que K soit pair ou que $p \equiv 1 \bmod 24$.

2° En regardant les variables comme homogènes, $\mathfrak{x}_0$ conserve la courbe $\rho y_i = \sigma_{i1} z^{i-n}$ $(i = 1, \ldots, n)$ qui, jointe à la génératrice $y_1 = \ldots = y_{\nu+1} = 0$, forme l'intersection de $a = 0$ avec $n - 3$ autres quadriques.

3° En désignant par X_{0k} et X^0_{0k} les actions respectives de X_0, X^0_0 sur les variables autres que $x_1, y_1, \ldots, x_k, y_k$ quand on regarde dans cette action $x_1, y_1, \ldots, x_k, y_k$ comme nuls $(X_{00} = X_0;\ X^0_{00} = X^0_0)$, on a $R = \{X^0_{00}, X^0_{01}, \ldots, X^0_{0,\nu-1}\}$ et même, si $p \geqq 7$, $R = \{X^0_{00}, \ldots, X^0_{0,\nu-2}\}$.

HYDRAULIQUE. — *Sur le régime turbulent.* Note [1] de M. C. Camichel, transmise par M. André Blondel.

Cette Note résume des expériences ayant pour objet de mettre en évidence une propriété du régime turbulent que je crois nouvelle : c'est le fait que divers obstacles entièrement différents placés sur le trajet d'un liquide en mouvement peuvent donner à celui-ci le même degré de turbulence [2] et que ce degré de turbulence ne peut être dépassé.

I. Dans une première série d'expériences, j'ai essayé d'augmenter la turbulence du régime turbulent en interposant sur le trajet du liquide des obstacles divers.

On emploie par exemple de longs tubes horizontaux ayant $4^{m},60$ de longueur et $2^{cm^3},3$ de diamètre intérieur; les mesures sont faites assez loin de l'extrémité amont pour que la turbulence soit constante et indépendante du point considéré ; on s'en assure en vérifiant que les pressions se répartissent linéairement suivant la longueur. On dispose, à l'intérieur du tube étudié, des obstacles constitués par exemple par des treillis métalliques ayant $2^{mm} + 2^{mm}$, ou bien un tampon de 10^{cm} de longueur, constitué par des grains de charbon de 3^{mm} à 4^{mm} de diamètre, ou un faisceau de 16 tubes de verre de 10^{cm} de longueur et de 4^{mm} de diamètre intérieur, etc. On

---

(1) Séance du 16 octobre 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 630.

mesure la vitesse moyenne W de l'eau dans le tube et la différence H des pressions évaluées sur la génératrice supérieure du tube en des points équidistants éloignés les uns des autres de 50^{cm}. La courbe ayant comme abscisses W et comme coordonnées H est sensiblement la même, que l'obstacle existe ou n'existe pas; par exemple, en employant un treillis de $2^{mm} \times 2^{mm}$, la différence des pressions évaluées à $11^{mm},7$ et à $511^{mm},7$ de l'obstacle, est $H = 48^{cm},8$ d'eau quand l'obstacle est enlevé, et $H = 48^{cm}$ quand il est mis en place, pour la même vitesse $W = 5^{m}$ par seconde. La seule précaution à prendre dans cette expérience consiste à mesurer les pressions assez loin de l'obstacle pour que les surfaces de discontinuité qu'il produit n'interviennent pas, et de faire toutes les mesures à la même température.

Ces expériences peuvent être interprétées en disant que les obstacles placés sur le trajet du liquide n'en modifient pas la turbulence, ou bien qu'à une certaine distance de l'obstacle l'influence de celui-ci disparaît et que les parois du tube et le frottement intérieur du fluide interviennent seuls. Cette seconde interprétation n'est pas conforme à ce que montrent les photographies des filets liquides et à la détermination directe sur ces photographies des distances auxquelles les perturbations causées par l'obstacle se transmettent.

II. Dans une autre série d'expériences, j'ai produit le régime hydraulique non turbulent [1] et je l'ai altéré par des obstacles divers placés sur le trajet du liquide.

Par exemple, on utilise un tube de cuivre horizontal, muni à son extrémité amont d'un pavillon et ayant 16^{cm} de longueur et $16^{mm},2$ de diamètre intérieur, contre lequel on dispose successivement une règle plate ayant comme section $51^{mm} \times 11^{mm},5$, une grille à barreaux parallèles de $1^{mm},5$ de diamètre écartés de 4^{mm}, un grillage en fil de fer formé par des carrés de $2^{mm} \times 2^{mm}$; ces trois objets donnent très sensiblement la même courbe (H, W); les vitesses maxima dans cette expérience sont de 3^{m} par seconde. Dans les expériences suivantes, on a augmenté la vitesse de l'eau.

III. Un tube horizontal ayant $6^{mm},18$ de diamètre intérieur et 80^{mm} de longueur et muni d'un pavillon, plonge par son extrémité amont dans une cuve pleine d'eau; il est muni d'un ajutage latéral permettant de déterminer la différence entre la pression en un point situé sur la génératrice supérieure à une distance de 50^{mm} de l'extrémité aval et la pression atmo-

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 986; t. 173, 1921, p. 630.

sphérique; pour détruire le régime non turbulent, on emploie des treillis ayant : $0^{mm},9 \times 0^{mm},9$, — $0^{mm},66 \times 0^{mm},66$, — $0^{mm},58 \times 0^{mm},58$; des toiles diverses, etc.; on place sur le trajet du liquide par exemple de 1 à 8 treillis. Les courbes (H, W) obtenues sont toujours très sensiblement les mêmes. Il faut toutefois dans ces expériences que les obstacles produisent une perturbation donnant un phénomène bien défini; on s'en assure en observant le manomètre, ses indications doivent être très régulières; quand les obstacles sont insuffisants, on obtient des régimes instables et irréguliers qui sont constitués, comme le montre l'observation directe des filets liquides, par des mélanges en proportions variables du régime hydraulique non turbulent et du régime turbulent; les valeurs de H qu'on obtient alors sont trop faibles. Dans ces expériences, l'influence de l'obstacle persiste sur toute la longueur du tube puisque le régime est toujours turbulent à la sortie, alors que, sans obstacle, dans les mêmes conditions, il n'est pas turbulent.

Sans doute, les deux dernières expériences (II) et (III) sont complexes; H ne mesure nullement la perte de charge entre les points étudiés, les tubes étant beaucoup trop courts; mais, l'interprétation la plus simple qu'on puisse en donner, est que le degré de turbulence est le même dans les divers cas.

IV. Les expériences précédentes, dans les conditions où elles ont été effectuées et pour des vitesses comprises entre 0^{m} et 8^{m} par seconde, me paraissent montrer l'existence, indépendamment du régime hydraulique non turbulent, d'un régime turbulent dont la turbulence est indépendante des obstacles qui la produisent et ne peut être dépassée.

V. Les surfaces de discontinuité, provoquées par des obstacles, ont été produites dans le régime turbulent et dans le régime non turbulent; l'expérience a montré qu'elles étaient les mêmes dans les deux cas pour le même obstacle et la même vitesse de l'eau; ce résultat est conforme aux travaux de M. Boussinesq (*Essai sur la théorie des Eaux courantes*, 1re Partie, § I et II) qui a montré que les équations de l'hydrodynamique s'appliquent aux valeurs moyennes locales des vitesses.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le rôle que la dispersion anomale peut jouer dans les spectres des étoiles.* Note de M. **M. Maggini**, présentée par M. Bigourdan.

On connaît aujourd'hui plusieurs causes physiques capables de produire des déplacements de raies dans un spectre stellaire : la pression, la vitesse radiale (effet Döppler), la dispersion anomale, auxquelles on peut ajouter une différence dans le potentiel de gravitation. Tour à tour une cause ou l'autre sera la principale suivant les conditions particulières de l'astre.

En général les astronomes préfèrent attribuer les déplacements des raies à l'effet Döppler, car c'est l'interprétation la plus simple, et souvent la plus évidente, des faits d'observation. Pourtant, d'autres faits ne peuvent s'expliquer par les deux premières causes; ce sont surtout ceux qui se rapportent aux raies isolées, ou à un ensemhle de raies, dont le déplacement est en désaccord avec le déplacement général du spectre. La dispersion anomale peut seule donner une interprétation plausible des phénomènes. C'est ainsi que pour le spectre des étoiles nouvelles, Adams a constaté des déplacements dans les raies de H et de He qui montrent une diversité dans les composantes. De même, mais d'une manière moins saillante, le phénomène va se répéter dans quelques raies des spectres stellaires du type B, dont la raie K(Ca) montre des déplacements de période égale à celle qu'on déduit des autres raies, mais avec une amplitude moindre. Dans le même type stellaire se trouvent aussi les raies D(Na) stationnaires ainsi que dans les « Novæ ».

Un fait important a été récemment constaté par M. Henroteau pour la double spectroscopique σ *Cygni*, du type spectral B. Il a trouvé que la vitesse radiale donnée par la raie H_ε de l'hydrogène était différente de la vitesse donnée par les autres raies du spectre; or cette raie H_ε est très proche de la raie H du calcium, leurs longueurs d'onde étant

$$H_\varepsilon = 3970{,}2, \qquad H = 3968{,}6.$$

M. Henroteau lui-même pense que la dispersion anomale près de H(Ca) peut expliquer ce fait; ainsi il revient aux expériences de Puccianti, de Schön et de Geisler pour une recherche quantitative du phénomène dans les vapeurs de cet élément.

Je crois que les valeurs de ces déplacements peuvent trouver une ressem-

blance dans l'intensité de la dispersion anomale près des raies du calcium ou d'autres corps dont le poids atomique est léger, qui se trouvent dans ou dehors de la photosphère stellaire (nuages de calcium, etc.). Cette intensité est donnée avec précision par les mesures sur les courbes de dispersion exécutées au laboratoire. Dans une recherche que j'ai ainsi faite par la méthode interférentielle, j'ai essayé de démontrer, suivant un principe établi par Puccianti, quel rapport existe entre les intensités de la dispersion anomale près des raies qui constituent un triplet. Prenons la formule de Sellmeier sous la forme

$$n^2 - n_0^2 = \frac{a_1}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{a_2}{\lambda^2 - \lambda_2^2} + \frac{a_3}{\lambda^2 - \lambda_3^2}.$$

Les quantités a_1, a_2, a_3 seront des constantes caractéristiques de chaque raie; leurs valeurs ou leurs rapports pourront être déduits des mesures des déplacements des courbes de dispersion près des raies.

Les triplets que j'ai étudiés sont ceux qui appartiennent ou à la première ou à la deuxième série secondaire de Mg, Ca, Zn, Cd; les conclusions que l'on croit en pouvoir déduire sont les suivantes :

1° Dans les triplets des séries secondaires des quatre éléments étudiés (groupe II de Mendelejeff) l'intensité de la dispersion anomale va en diminuant avec la réfrangibilité de la raie.

2° Les deux rapports $\frac{a_1}{a_2}$, $\frac{a_2}{a_3}$ sont égaux, c'est-à-dire que la constante a_2 est moyenne proportionnelle entre a_1 et a_3.

3° La valeur k des deux rapports augmente au fur et à mesure que le poids atomique s'élève.

J'ai fait une recherche sur les expériences de dispersion anomale dans les doublets dus à Schön ([1]) et Roschdstwensky ([2]), et j'ai trouvé que même dans les doublets de la série principale de Na, K, Rb, Ag (groupe I de Mendelejeff) le rapport $\frac{a_1}{a_2}$ est proportionnel au poids atomique, lorsqu'on caractérise par 1 la raie dans laquelle la dispersion anomale a une plus grande intensité, c'est-à-dire, pour la série principale, la raie la plus réfrangible.

Prenant pour abscisses les poids atomiques et pour ordonnées les k, on constate que, tant les mesures sur les doublets que celles sur les triplets,

---

([1]) *Inaugural-Dissertation*, Leipzig, 1907.

([2]) *Annalen der Physik*, 4e série, t. 39, 1912, p. 307.

peuvent satisfaire à une même courbe. Le Tableau suivant montre les résultats pour les deux groupes considérés :

	Groupe I.			Groupe II.	
	Poids atomique.	k.		Poids atomique.	k.
Na...........	23	2,0	Mg...........	24	2,2
K.............	39	3,7	Ca...........	40	3,5
Rb...........	85	4,8	Zn...........	65	4,5
Ag...........	108	5,0	Cd...........	112	5,0

Les valeurs du rapport k nous montrent l'influence des diverses raies d'un même élément sur la dispersion, influence qui est presque proportionnelle à l'intensité de la raie, c'est-à-dire, du moins en apparence, directement proportionnelle à la longueur d'onde dans les doublets et les triplets des séries secondaires, et inversement proportionnelle dans ceux de la série principale.

Or une proportionnalité avec la longueur d'onde a été trouvée par Adams ([1]) dans les déplacements des raies de H et He dans les « Novæ ». Pour la « Nova Geminorum », le déplacement de la composante la plus réfrangible des raies de H était double de celui de la composante moins réfrangible; pour la « Nova Aquilæ », ce déplacement était 1,5, tandis que les raies H, K du calcium et les D du sodium ne montraient que le déplacement dû à la vitesse radiale.

ASTRONOMIE. — *Sur une variation périodique annuelle de la marche des pendules.* Note ([2]) de M. **R. Goudey**, présentée par M. G. Bigourdan.

On sait qu'une pendule astronomique, placée dans un milieu invariable, présente parfois d'inexplicables variations de marche qui rendent incertaine l'extrapolation de l'heure.

Pour élucider cette question, je me suis proposé d'y appliquer les méthodes de calcul employées dans l'étude de certains phénomènes, tels que la déviation de la verticale.

J'ai étudié ainsi la marche de la pendule Fénon 45, de l'Observatoire de Besançon. Cette pendule, placée dans une salle du rez-de-chaussée, est

---

([1]) *Proceed. of the Nat. Ac. of Science U. S. A.*, vol. 4, p. 358.

([2]) Séance du 23 octobre 1922.

soumise aux variations naturelles de la pression atmosphérique; elle est enfermée dans une double enceinte vitrée où la température varie lentement.

L'élément, qui me sert pour cette étude, est l'*état de la pendule* ou C_p. Je prends, comme intervalle de temps, l'année que je partage en 36 parties égales. Pour chaque année complète d'observations, je calcule les C_p correspondant au début de chacune de ces périodes. Je calcule ensuite la marche moyenne annuelle et je corrige chaque C_p du produit de la marche moyenne par le nombre de jours qui séparent l'époque correspondante du milieu de l'année. Faisant alors la moyenne des nombres ainsi obtenus — je l'appelle *état moyen* — et la retranchant de chacun d'eux, j'obtiens les écarts à l'état moyen. J'ai effectué ce calcul pour chaque année, pendant laquelle la pendule n'avait subi aucun nettoyage ou aucune retouche.

Il est inutile de reproduire tous les tableaux que j'ai ainsi calculés; les graphiques ci-joints suffisent.

Ces courbes présentent toutes un premier maximum vers la période 10, un second maximum entre les périodes 20 et 25, puis un minimum autour de la période 32. Chaque année, la pendule retarde donc par rapport à la marche moyenne annuelle jusque vers le 10 avril. Du 10 avril au 11 septembre, elle est sujette à une série de fluctuations assez indécises, puis à partir du 11 septembre, la pendule avance sur la marche moyenne jusque vers la fin de l'année.

En vue d'éliminer les causes fortuites de perturbations, je fais la moyenne des 12 séries de 36 nombres obtenus et j'obtiens une série de nombres qui permettent de tracer la courbe moyenne régulière de la figure.

Elle est représentée par la formule

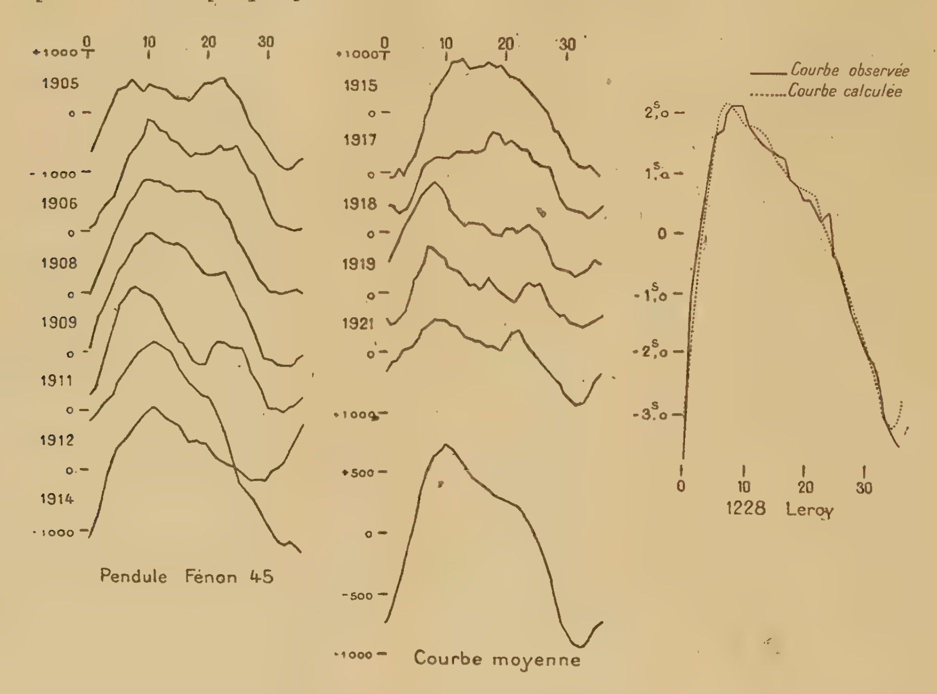
$$7^s,15 \cos(t - 139^\circ,5) + 2^s,59 \cos(2t - 143^\circ,0). \quad (1)$$

La pendule 45 étant soumise aux variations de la température, on devait s'attendre à ce que la courbe des écarts ait une allure périodique; mais si la température était seule en cause, cette courbe devrait présenter son maximum et son minimum vers les époques où se produisent le maximum et le minimum de température. Cela a lieu pour le minimum, mais il n'en est pas de même pour le premier maximum qui se produit près de 50 jours avant le maximum de température que l'on peut fixer, au plus tôt, au début de juillet.

Je ne m'arrête pas non plus à la pression atmosphérique dont les moyennes pour 12 années ne révéleraient pas une périodicité aussi nettement accusée.

De plus, les termes en $2t$ de la formule représentative semblent corres-

pondre à une réalité, puisque ce sont eux qui donnent aux diverses courbes l'allure particulière qu'elles présentent toutes entre les périodes 10 et 25. La température n'explique pas l'introduction de ces termes.



S'il existe une cause de variation périodique autre que la température et la pression, elle devra pouvoir être mise en évidence par l'étude de pendules soustraites à ces influences.

J'ai effectué le même calcul, mais en me bornant à une année, pour la pendule 1228 Leroy, placée dans les caves de l'Observatoire de Paris, dont les C_p ont été publiés par M. Bigourdan, dans « Corrections des signaux horaires pour l'année 1920 ».

Les écarts à l'état moyen sont représentés par la formule

$$2^s,15\cos(t-132°,2)+0^s,96\cos(2t-139°,6)$$
$$+0^s,41\cos(3t-159°,3)+0^s,25\cos(4t-174°,0).$$

La valeur moyenne des résidus est un peu plus élevée que précédemment; elle atteint $\pm 0^s,15$.

Il semble suffisamment établi que les pendules éprouvent une variation périodique annuelle. On peut calculer les coefficients et les phases des termes périodiques. La décroissance régulière de ces coefficients, la faible valeur des résidus indiquent bien que ce n'est pas un vain jeu de nombres.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Baade, faites à l'Observatoire de Paris (équatorial de l'Est).* Note de M. **Giacobini**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1922.	Temps moyen de Paris.	ΔÆ.	ΔD.	Nombre de compar.	Æ apparente.	Log. fact. parallaxe.	D apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Oct. 23..	7.41.54	—0,38,15	—3.35,5	12:10	19.55. 7,05	$\bar{1}$,360	+36.40.56,3	0,351	1
» 24..	6.37. 7	—0,38,32	+1.33,0	12:10	19.57.15,52	$\bar{1}$,010	+36.24.33,7	0,291	2
» 25..	6.36.53	+2.11,23	—5.15,4	9:6	19.59.31,14	$\bar{1}$,045	+36. 7.12,8	0,322	3

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	Æ moyenne pour 1922,0.	Réduction au jour.	D moyenne pour 1922,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1..........	8,6	19.55.43,37	+1,83	+36.43.59,2	+32,6	Lund. 8898
2..........	6,8	19.57.52,02	+1,82	+36.22.28,2	+32,5	Lund. 8930
3..........	7,0	19.57.18,10	+1,81	+36.11.55,7	+32,5	Lund. 8920

Remarques. — Pour l'étoile n° 2, il a été tenu compte d'un mouvement propre de

$$\mu = +\,0^s{,}0035, \quad \mu' = +\,0''{,}07.$$

La comète est faible, d'une étendue de 10″ environ, avec un noyau de 12e grandeur environ.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Baade (1922 c), faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Besançon.* Note de M. **P. Chofardet**, transmise par M. B. Baillaud.

Dates. 1922.	Temps moyen de Besançon.	ΔA.	ΔP.	Nombre de compar.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Oct. 24...	6.25.37	—0.40,68	— 1.49,7	9:6	19.57.13,02	8,911	53.35.35,8	$0{,}223_n$	*a*
» 24...	7.25.26	—0.35,05	— 1. 6,5	9:6	19.57.18,65	9,312	53.36.19,0	$0{,}289_n$	*a*

Positions moyennes de l'étoile de comparaison.

★.	Gr.	A 1922,0.	Réduction au jour.	P 1922,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a..............	6,8	19.57.51,86	+1,84	53.37.58,0	—32,5	A.G. Lund, 8930.

Remarque. — La comète, de 11e grandeur, petite mais bien observable, a une tête ronde, large au plus de 20″ à 25″, et un noyau central; la chevelure semble vaguement s'allonger vers l'Est.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Baade, faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Nice.* Note de M. A. **Schaumasse**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates 1922.	Temps moyen de Nice.	ΔAR.	ΔD.	Nombre de compar.	AR apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Oct. 23......	11.25.56	−0.19,10	−6. 3,5	18:10	19.55.26,11	9,723	+36.38.28,4	0,654	1
» 26......	10.35.32	+1.31,27	−1.33,3	15:10	20. 2. 7,84	9,702	+35.47.16,0	0,583	2
» 26......	10.53. 7	−1.20,44	+1. 7,4	15:10	20. 2. 9,30	9,711	+35.47. 4,3	0,614	3
» 27......	9. 9.59	+0.12,50	+0.58,2	18:10	20. 4.41,98	9,615	+35.31. 1,5	0,423	4

Positions des étoiles de comparaison.

★.		Grandeur.	AR moyenne 1922,0.	Réduction au jour.	Déclin. moyenne 1922,0.	Réduction au jour.	Autorités.
			h m s	s	° ′ ″	″	
1	3794+36	8,6	19.55.43,38	+1,83	+36.43.59,4	+32,5	A.G. Lund 8898
2	3930+35	7,0	20. 0.34,71	+1,86	+35.48.16,7	+32,6	A.G. Lund 8967
3	3959+35	5,7	20. 3.27,88	+1,86	+35.45.24,3	+32,6	L. Boss 5157
4	3970+35	7,7	20. 4.27,63	+1,85	+35.29.30,7	+32,6	A.G. Lund 9036

Remarques. — Octobre 23-26 : La comète de grandeur 10,5 est formée par une condensation diffuse, entourée d'une nébulosité de 1′,5 d'étendue, présentant un allongement dans la direction opposée au Soleil. — Octobre 27 : Lune, vent qui agite la lunette.

TOPOGRAPHIE. — *Sur un nouveau « Stéréo-autographe ».* Note de M. **Poivilliers**, présentée par M. Bigourdan.

Cet appareil est destiné au tracé automatique de tous les éléments de la carte, en partant de deux photographies distinctes du terrain, prises de points de vue quelconques et dans des directions également quelconques.

Les deux clichés sont placés respectivement dans deux chambres photographiques qui constituent une partie de l'appareil; ces deux chambres sont semblables entre elles et semblables à celles des appareils de prise de vue. Les clichés sont observés chacun à travers l'objectif même qui a servi à les prendre ou à travers un objectif identique. Ils occupent, par rapport à cet objectif, la même position qu'ils avaient au moment de leur impression. Un procédé simple d'autocollimation permet le montage et le réglage facile des objectifs sur les chambres. Ce mode d'observation élimine l'influence de la distorsion des objectifs de prise de vue.

Les deux photographies sont examinées dans l'appareil de telle façon que l'observateur ait, dans tous les cas, une image stéréoscopique du terrain, par rapport à laquelle il peut faire déplacer un index mobile à l'aide d'un système de trois manivelles. Un dispositif enregistreur relié au mécanisme de commande trace automatiquement la projection orthogonale ou oblique, sur un plan arbitraire de comparaison, des courbes de l'espace décrites par l'index.

L'examen stéréoscopique se fait au moyen d'une lunette double dont les oculaires sont fixes et dont les deux branches sont coudées de façon semblable et peuvent basculer individuellement autour d'un axe horizontal; les deux branches de la lunette visent dans deux plans verticaux parallèles. Chaque chambre tourne autour d'un axe vertical situé dans le plan d'observation correspondant. Dans le but d'éliminer les erreurs pouvant résulter de l'emploi de pupilles différentes en position et en grandeur, les axes de rotation et de bascule passent sensiblement par le centre de la pupille d'entrée.

Un dispositif correcteur, de type connu, placé dans chaque branche de la lunette, corrige automatiquement la rotation des images et assure la persistance de l'impression stéréoscopique. L'index de visée est reporté en avant de ce dispositif correcteur, dans le sens de marche des rayons lumineux, de façon à supprimer les erreurs pouvant provenir des imperfections mécaniques ou optiques de ce dispositif.

Le double mouvement de rotation des chambres et de bascule des branches de la lunette est assuré à l'aide d'un mécanisme de commande qui porte le stylet traceur. Ce mécanisme se compose d'un pont parallèle à l'axe de bascule des branches de la lunette et mobile en profondeur. Ce pont possède deux chemins de roulement superposés, sur chacun desquels roule un chariot portant deux galets; les distances mutuelles de ces galets sont fonction, pour l'un des chariots, de la distance horizontale de prise de vue, et pour l'autre chariot de leur distance verticale.

Un système de quatre règles horizontales, pivotant chacune autour d'axes verticaux fixes, situés à égale distance du pont, s'appuie sur ces galets. Les deux règles, qui s'appuient respectivement sur les galets du premier chariot, matérialisent, dans leur plan, les angles d'azimut correspondant à un point A quelconque de l'espace. Les deux autres règles, qui s'appuient chacune sur un des galets du second chariot, matérialisent, dans leur plan et par rapport à l'axe du pont, les projections sur un plan de profil des lignes de visée correspondant au même point A. Les coordonnées de ce

point A peuvent être lues sur l'appareil; les coordonnées horizontales sont fournies par l'éloignement du pont de la ligne des centres des règles et par la position du premier chariot sur le pont et l'altitude du même point A par la position du second chariot. Les variations angulaires de ces règles sont transmises soit à la lunette, soit aux chambres.

La transmission aux chambres s'effectue directement, c'est-à-dire que chaque chambre tourne du même angle que la règle correspondante. Cet angle peut être l'angle d'azimut ou celui des hauteurs; pour des raisons de précision, il est préférable de choisir ce dernier dans le cas des levés topographiques. L'autre angle est transmis à la lunette par l'intermédiaire d'un relais mécanique formé exclusivement de glissières rectilignes. Ce relais résout d'une façon automatique le problème de la détermination d'un angle dont on connaît la projection sur un plan parallèle à l'un de ses côtés, et le rectiligne du dièdre formé par le plan de l'angle et le plan de projection.

Trois manivelles, dont une se manœuvrant au pied, assurent le déplacement du pont et le déplacement latéral des deux chariots qu'il porte. Ces déplacements entraînent la rotation des règles dont le mouvement se transmet aux chambres et aux branches coudées de la lunette. L'opérateur voit défiler dans les oculaires une image stéréoscopique du terrain, il a l'impression de contact de l'index stéréoscopique avec le terrain au point A lorsque les deux branches de la lunette visent, sur chaque plaque, l'image de ce point. Un stylet traceur fixé au premier chariot enregistre automatiquement la position du point A; les angles de visée peuvent être lus à l'aide de cercles réitérateurs portés par les chambres et les branches de la lunette double.

Des dispositifs auxiliaires permettent le tracé des coupes de terrain, l'emploi de photographies à axe vertical, et enfin le tracé des projections obliques destinées à fournir une carte stéréoscopique.

La mise en place des clichés peut s'effectuer, même sans calculs préliminaires, si l'on connaît pour chacun d'eux les coordonnées de trois points identifiables. Ces coordonnées peuvent être obtenues soit par des travaux directs sur le terrain, soit par des mesures effectuées à l'aide de l'appareil lui-même sur des clichés précédemment mis en place.

En résumé, cet appareil utilise n'importe quelle photographie terrestre ou aérienne et il permet de tracer dans tous les cas la planimétrie, les courbes de niveau et les coupes de terrain à n'importe quelle échelle. Il permet de faire du cheminement photographique.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur les analogies de structure entre les séries optiques et les séries de Röntgen.* Note de MM. **Louis de Broglie** et **A. Dauvillier**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une précédente Note [1] nous avons attribué à chaque niveau intra-atomique trois nombres de quanta m_1, m_2 et m_3 (nombre équatorial, nombre radial et nombre de latitude). Leur somme définit le groupe (ou la couche) auquel le niveau appartient :

$$m_1 + m_2 + m_3 = 1 \qquad \text{(groupe K)},$$
$$m_1 + m_2 + m_3 = 2 \qquad \text{(groupe L)},$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

La somme $m_1 + m_3$ est importante à considérer pour le principe de sélection et définit des sous-groupes de niveaux à l'intérieur de chaque groupe.

Désignons par s les niveaux pour lesquels $m_1 + m_3 = 1$; il y a un niveau s dans chaque couche; par p les niveaux pour lesquels $m_1 + m_3 = 2$, il y en a deux par couche; par d les niveaux pour lesquels $m_1 + m_3 = 3$, il y en a trois par couche. Soit enfin b la lettre assignée aux niveaux tels que $m_1 + m_3 = 4$, au nombre de quatre par groupe.

On voit, d'après le Tableau de notre précédente Note, que l'on doit attribuer

s	à	K	L_3	M_6	N_{10}	O_6	P_3
p	à		$L_2 L_1$	$M_5 M_4$	$N_9\ N_8$	$O_5 O_4$	$P_2 P_1$
d	à			$M_3 M_2 M_1$	$N_7 N_6 N_5$	$O_3 O_2 O_1$	
b	à				$N_4 N_3 N_2 N_1$		

On peut distinguer, dans la multiplicité des lignes du spectre X, quatre séries analogues aux séries principale, diffuse, étroite et de Bergmann, bien connues dans les spectres optiques [2].

1° La série représentée par la formule $(1, s) - (m, p)$ où $m = 2, 3, \ldots$ est analogue à la série principale. C'est une série de doublets dont l'écartement se resserre quand la fréquence s'élève et dont la composante la plus intense est celle de plus petite longueur d'onde. C'est la série K dont voici la composition dans l'ordre croissant des fréquences :

$$\alpha' - \alpha, \quad \beta' - \beta, \quad \underbrace{\gamma' - \gamma}_{\text{non encore résolu}}, \quad \underbrace{\delta' - \delta, \quad \varepsilon' - \varepsilon}_{\text{non encore observés}}, \quad \text{limite K.}$$

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 685.

(2) Nous suivons, pour la représentation des séries optiques, les notations de Ritz.

2° La série $(2, p) - (m, d)$ où $m = 3, 4, \ldots$ analogue à la série diffuse, est formée de doublets à écartement constant dont chaque composante est un triplet qui va en se resserrant. La composante la plus intense de chaque doublet est celle de grande longueur d'onde. Cette série est formée d'une portion de la série L dont voici l'énumération :

$$(\alpha_3 \alpha_1 \alpha_2) - (x x \beta_1), \quad (\beta_2''' \beta_2 \beta_2') - (x x \gamma_1), \quad (x \beta_5 x) - (x x \gamma_2), \quad \text{limites } L_1 - L_2.$$

3° La série $(2, p) - (m, s)$ où $m = 3, 4, \ldots$ analogue à la série étroite est une série de doublets à écartement constant et sans structure fine. La composante la plus intense est encore de plus grande longueur d'onde.

C'est une autre partie de la série L :

$$l - \eta, \quad \beta_6 - \gamma_5, \quad \beta_7 - \gamma_{11}, \quad \beta_5' - \gamma_2', \quad x - x, \quad \text{limites } L_1 - L_2.$$

4° La série de Bergmann $(3, d) - (m, b)$ où $m = 4, 5, \ldots$ est une série M qui comprend M_{α_1}, M_{α_2} et M_β. Elle possède une structure fine complexe qui explique l'aspect diffus des lignes de la série M.

5° Enfin la série $(2, s) - (m, p)$ où $m = 3, 4, \ldots$ non encore signalée en optique comprend des doublets analogues à ceux de la série K. Elle est formée des lignes L suivantes :

$$\beta_3 - \beta_4, \quad \gamma_3 - \gamma_7, \quad \gamma_4 \text{I} - \gamma_4 \text{II}, \quad \underbrace{\gamma_8 \text{I} - \gamma_8 \text{II}}_{\text{non résolu}}, \quad \text{limite } L_3.$$

Les autres lignes du spectre X ne cadrent pas avec le principe de sélection [1].

Il est à remarquer que, de même que dans les spectres optiques, l'intensité des composantes homologues diminue régulièrement dans une même série, à mesure que l'on se rapproche de la limite d'absorption.

On savait aussi depuis longtemps que, pour un même élément, la définition des lignes est, d'une façon générale, d'autant plus accentuée que la série à laquelle elles appartiennent est de plus haute fréquence. On aurait pu, de même qu'en optique, classer ainsi, d'une manière empirique et uniquement d'après leur aspect, les lignes Röntgen et retrouver les séries principale, diffuse et étroite.

---

[1] Parmi celles-ci, les lignes $\beta_9 \beta_8 \gamma_9 \gamma_{10} \beta_2'' \gamma_6$ et β_7' correspondaient à une variation de deux unités du quantum azimutal. Seule la ligne β_{11} correspondrait à une variation nulle. Seule aussi la ligne β_{10} observée, pour plusieurs éléments lourds, ne satisfait pas au principe de combinaison. Ce fait semble s'accentuer pour les éléments légers, l'un de nous ayant trouvé six lignes de ce genre dans les séries L du baryum en dehors des lignes d'ionisation.

Au point de vue de la théorie de Bohr, cette analogie de structure des séries optiques et des séries Röntgen s'explique par le fait que les niveaux internes K, L, M, etc. sont respectivement caractérisés par le même nombre total de quanta que les premiers niveaux virtuels extérieurs à la dernière couche électronique. Ces derniers niveaux sont en effet responsables des séries optiques.

MAGNÉTISME. — *Les effets axiaux du champ magnétique, analogues à ceux de Righi-Leduc et de Ettingshausen.* Note de M. A. **Sellerio**, présentée par M. E. Bouty.

Il y a presque une année ([1]), en faisant connaître l'effet thermogalvanique *axial*, ou parallèle au champ magnétique, analogue à celui de Ettingshausen et Nernst (qui se manifeste dans un champ magnétique *transversal*), j'ai remarqué qu'on pouvait espérer de découvrir par la même méthode les analogues axiaux des effets transversaux :

thermo-thermique ou de Righi et Leduc

et

galvano-thermique ou de Ettingshausen,

déjà connus.

Cette recherche, conduite d'une manière tout à fait pareille à la précédente, quoique bien plus pénible — surtout à cause de la petitesse des effets recherchés — a donné un résultat affirmatif.

En laissant de côté toute particularité, je me borne à dire ici qu'aux deux électrodes C, D, des Notes citées ([2]), on a substitué, comme à l'ordinaire, les soudures de deux couples thermo-électriques reliées à un galvanomètre différentiel. Je me suis servi encore de la même plaque de bismuth qui — sans doute à cause d'une constitution cristalline très heureuse — s'était révélée singulièrement favorable aux phénomènes axiaux.

Pour présenter quelque exemple des données de l'expérience, j'ajouterai que l'effet thermo-thermique ($\equiv$ *rotation des isothermes*) avec plaque *parallèle* au champ a donné à peu près 1,17 microvolt $\equiv 0^\circ,09$ C (effet axial), tandis que, avec plaque *normale* au champ, l'effet (transversal, ou de Righi-Leduc) était 2,12 microvolts. Le premier était donc, dans la

([1]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 974 et 1352.

([2]) *Loc. cit.*

plaque étudiée, presque la moitié du second. De même, pour l'effet galvano-thermique, j'ai eu avec plaque parallèle au champ 2 microvolts environ (effet axial), et avec plaque normale, 5 microvolts (effet transversal ou de Ettingshausen).

Maintenant donc, le tableau des effets galvano ou thermomagnétiques axiaux [1], analogues aux quatre effets transversaux, est au complet.

PHOTOGRAPHIE. — *Une étude de la déformabilité de la couche photographique*. Note de M. **Carl Bededicks**.

Parmi quelques plaques, exposées pendant l'éclipse totale de 1914 [2] il y en avait une sur laquelle, par une fausse manœuvre, l'image du Soleil était localisée près du bord de la plaque. Quelque temps après, sans aucune cause extérieure, une fissure a pris naissance au bord de la plaque et, s'étant approchée de l'image du Soleil, en a très nettement suivi le contour. Si, comme le fait voir ce fait inattendu, la lumière du Soleil (au moment de la réapparition du disque solaire) peut causer un effet aussi considérable, on peut craindre qu'elle ne puisse causer une déformation de la couche sensible, qui ne pourra pas être négligée lorsqu'il s'agit de mesures aussi délicates que celles qui sont nécessaires pour vérifier la déviation de la lumière en passant par le champ de gravité du Soleil. Les astronomes ont constaté que, généralement, la déformation de la couche sensible est assez petite pour ce qui est de plaques ordinaires photogrammétriques des étoiles [3]. Or la grande quantité de lumière provenant de la couronne, tombant sur une surface considérable, pourrait bien avoir une influence sensible. N'ayant pu trouver de renseignements à cet égard, j'ai exécuté l'essai suivant.

Une plaque de verre ordinaire $13^{cm} \times 18^{cm}$ a été exposée pendant une quinzaine de secondes à la poudre de bitume excessivement fine, en suspension dans l'air, dans un appareil employé pour la photogravure.

On a fait l'addition de quelques particules dispersées plus grandes pour

(1) Le premier de ces effets a été annoncé par le professeur La Rosa et moi (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1447).

(2). C. Benedicks et I. Fredholm, *Arkiv f. mathematik, astronomi o. fysik*, Stockholm, 1915, 10, n° 24.

(3) Ö. Bergstrand, *Öfversikt af K. Svenska Vet.-Akad. Förhandl.* Stockholm, 1900, n° 2.

faciliter l'orientation. La plaque a été légèrement chauffée, pour assurer l'adhésion des particules; elle a été photographiée sur une plaque rodée, au collodion (humide). Le négatif ainsi obtenu, donnant une multitude de taches blanches minimes et très nettes, a été copié sur une plaque diapositive. Au moyen d'un papier noir muni d'un trou, un cercle de 20^{mm} de diamètre a été exposé au centre de la plaque. Cette plaque positive, développée (méthol-hydroquinone) et séchée, a été mise en contact avec le négatif, dans un appareil qui permettait, par une vis d'ajustage (rotation) et deux vis micrométriques (translation), d'obtenir une coïncidence absolue des deux images. Grâce à la superposition du négatif au positif, l'arrangement est excessivement sensible à un faible dérangement. On obtenait, avec des ressources très simples, une précision de lecture de $\pm 0^{mm},002$ environ. Le microscope (grossissant 100 diamètres) était mis au point un peu au-dessus des couches de gélatine, ce qui facilitait la lecture.

Si le cercle noir avait causé une déformation notable, la coïncidence aurait été sensiblement dérangée autour du cercle. J'ai pu constater que la grandeur de cette déformation ne surpassait pas $\pm 0^{mm},002$ environ. Avec un objectif à la distance focale de 19 pieds (comme celui employé en 1919 à Sobral), l'erreur résultante ne dépasserait pas $\pm 0'',07$; il va sans dire que l'erreur véritable pourra être bien au-dessous de cette valeur.

Il me paraît indispensable toutefois, lorsqu'il s'agit d'obtenir la plus haute précision, qu'on exécute des déterminations plus précises; la méthode employée dans ce qui précède pourrait facilement être rendue plus exacte à condition de disposer d'appareils de précision ([1]).

En somme, si la cause d'erreur signalée a été trouvée moins sérieuse qu'on n'aurait pu le soupçonner, elle demande tout de même une étude détaillée faite avec des ressources de haute précision.

Remarquons encore, comme un résultat de l'étude qui précède, que la précision de lecture d'un pinceau lumineux peut être considérablement augmentée en photographiant le point lumineux sur une plaque diapositive donnant de bons contrastes; si l'on munit ce négatif d'un mouvement micrométrique, la lecture peut être effectuée avec une précision qui dépasse de beaucoup la définition du point lumineux.

([1]) M. A. Roth vient d'attirer mon attention sur un travail de F. E. Ross (*Abridg. Sci. Publ. from the Research Labor.*, Rochester, Eastman Kodak Co, 1919, p. 128; *The Astrophysical Journal*, t. 53, 1921, p. 349) discuté par L. Silberstein, *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, t. 8, 1920, p. 630. — Des déformations y sont nettement constatées; la méthode que je viens d'indiquer rendrait peut-être de bons services pour ce qui est de l'étude approfondie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le degré de polymérisation moléculaire des corps à l'état critique.* Note de M. **J.-A. Muller**, présentée par M. A. Haller.

On sait qu'à l'état critique la pression réelle d'un gaz est égale à quatre fois la pression manométrique P_c; sous cette pression réelle et à la température critique T_c, le volume moléculaire d'un gaz parfait, — dont toutes les molécules sont simples, — serait, en unités C.G.S., égal à

$$V'_c = \frac{8,315.10^7 \times T_c}{4P_c},$$

$8,315.10^7$ étant la valeur de la constante moléculaire R des gaz parfaits.

Corps.	Formule.	Valeur de *n*.	Corps.	Formule.	Valeur de *n*.
Hélium	He	0,923	Méthanol	CH^4O	1,707
Argon	A	1,285	Éthanol	C^2H^6O	1,507
Xénon	X	1,358	Propanol-1	C^3H^8O	1,499
Hydrogène	H^2	1,227	Chlorure de méthyle	CH^3Cl	1,425
Oxygène	O^2	1,283	Tétrachlor. de carbone	CCl^4	1,380
Azote	N^2	1,285	Fluorobenzène	C^6H^5F	1,423
Chlore	Cl^2	1,363	Chlorobenzène	C^6H^5Cl	1,416
Eau	H^2O	1,840	Bromobenzène	C^6H^5Br	1,429
Protoxyde d'azote	N^2O	1,359	Iodobenzène	C^6H^5I	1,418
Gaz ammoniac	NH^3	1,543	Oxyde d'éthyle	$C^4H^{10}O$	1,430
Oxyde de carbone	CO	1,328	Formiate de méthyle	$C^2H^4O^2$	1,470
Anhydride carbonique	CO^2	1,351	— d'éthyle	$C^3H^6O^2$	1,461
Tétrachlorure d'étain	$SnCl^4$	1,404	— de prop. norm.	$C^4H^8O^2$	1,451
Méthane	CH^4	1,300	Acétate de méthyle	$C^3H^6O^2$	1,479
Pentane normal	C^5H^{12}	1,412	— d'éthyle	$C^4H^8O^2$	1,481
Méthylbutane	C^5H^{12}	1,400	— de propyle norm.	$C^5H^{10}O^2$	1,476
Hexane normal	C^6H^{14}	1,437	Propionate de méthyle	$C^4H^8O^2$	1,465
Diméthylbutane	C^6H^{14}	1,403	— d'éthyle	$C^5H^{10}O^2$	1,471
Heptane normal	C^7H^{16}	1,445	Butyrate de méthyle	$C^5H^{10}O^2$	1,464
Octane normal	C^8H^{18}	1,450	Isobutyrate de méthyle	$C^5H^{10}O^2$	1,449
Diisobutyle	C^8H^{18}	1,429	Acide acétique	$C^2H^4O^2$	1,872
Cyclohexane	C^6H^{12}	1,390	Acétonitrile	C^2H^3N	2,025
Benzène	C^6H^6	1,408	Propionitrile	C^3H^5N	1,825

D'autre part, l'espace libre correspondant à la masse moléculaire du corps à l'état critique est, en désignant par V_c le volume moléculaire critique, égal à $\frac{2}{3}V_c$. Il en résulte que le *degré moyen* de polymérisation molé-

culaire a pour expression

$$n = \frac{V'_c}{\frac{2}{3}V_c} = \frac{3}{8} \cdot \frac{8,315.10^7 \times T_c}{P_c V_c}.$$

A l'aide des constantes relatives à l'état critique, données dans l'*Annuaire, pour l'an* 1922, *du Bureau des Longitudes,* on a calculé les valeurs de n pour un certain nombre de corps simples et de corps composés. Ces valeurs sont consignées sur le Tableau ci-contre :

L'inspection de ce Tableau montre qu'à l'état critique, tous les corps, sauf l'hélium, contiennent des molécules polymérisées, mais que ceux de ces corps qui, à la température ordinaire et à une pression voisine de la pression atmosphérique, jouent le rôle de gaz presque parfaits ont, déjà à l'état critique, un degré moyen de polymérisation peu élevé.

En ce qui concerne les composés organiques examinés, on voit que les hydrocarbures liquides et les dérivés monohalogénés du benzène ont un degré de polymérisation compris entre 1,39 et 1,45, alors que celui des éthers saturés des acides gras monobasiques varie moins et se trouve compris entre 1,45 et 1,48, tandis que les valeurs de n concernant les alcools sont plus élevées. Enfin les nitriles ont, comme l'eau et l'acide acétique, un degré moyen de polymérisation voisin de 2.

L'influence de l'isomérie sur le degré de polymérisation à l'état critique est peu sensible, quand il s'agit de corps ayant même fonction chimique; en particulier, en ce qui concerne les éthers-sels, on voit que l'acétate de propyle normal et le propionate de méthyle, dont les constitutions sont nettement différentes, ont sensiblement le même degré moyen de polymérisation à l'état critique.

Il y a lieu de remarquer qu'on a

$$n = \frac{R}{R_c},$$

R étant la constante moléculaire des gaz parfaits et R_c celle du gaz considéré à l'état critique, constante qui est égale à $\frac{8}{3}\frac{P_c V_c}{T_c}$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'acide borique sur la mannite en solution alcaline.* Note [1] de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'application d'une méthode d'analyse physico-chimique, basée sur la détermination des températures de miscibilité, m'avait montré que l'action de l'acide borique sur divers corps à plusieurs fonctions alcooliques était particulièrement nette dans le cas de la mannite en présence d'alcali [2]. Je me suis proposé de préciser ces résultats en suivant la réaction par l'étude des variations de plusieurs propriétés physiques différentes. Dans ce but, à des volumes égaux d'une solution contenant des proportions équivalentes d'acide borique et de soude, j'ajoutais des quantités croissantes de mannite. Sur les liqueurs ainsi obtenues, je mesurais successivement : 1° la température de miscibilité avec le phénol; 2° le pouvoir rotatoire; 3° la tension superficielle vis-à-vis d'une solution d'acide oléique dans la benzine. Cette dernière mesure, effectuée par la méthode du poids de la goutte, permet comme je l'ai montré antérieurement [3] de suivre avec beaucoup de précision la proportion d'alcali libre existant en solution. Comme dans le cas actuel les quantités d'acide borique et de soude sont invariables, on peut regarder la soude libre et par suite le nombre de gouttes comme donnant une mesure de l'acide borique non combiné à la mannite.

Les résultats sont consignés dans les Tableaux suivants :

C, rapport du nombre de molécules de mannite au nombre de molécules d'acide borique;

T, température de miscibilité avec le phénol;

α, rotation observée à température ordinaire (lumière du sodium);

N, nombre de gouttes correspondant à l'écoulement de 1^{cm^3} de solution benzénique.

---

(1) Séance du 23 octobre 1922.

(2) René Dubrisay, *Comptes rendus*, t. 173, 1921; *Annales de Chimie*, janvier 1922.

(3) René Dubrisay, *Annales de Chimie*, janvier-février, 1918.

1° *Solutions contenant par litre $\frac{1}{10}$ de molécule* BO^3H^3 *et* $\frac{1}{10}$ *de molécule* NaOH.

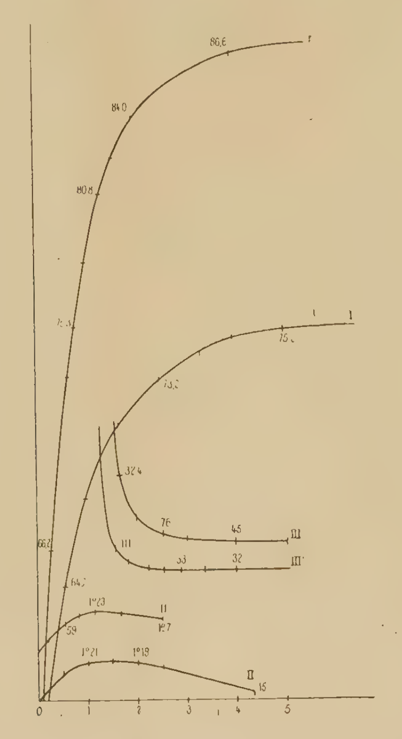
C.	T(I).	α(II).	N(III).	
		° ′		
0.........	55,0	0.00	»	
0,233.....	60,8	»	»	Solutions basiques à la phtaléine.
0,500.....	»	0.58	»	
0,555.....	64,7	»	»	
1,000.....	68,3	1.21	»	
1,250.....	69,9	»	»	
1,500.....	»	1.20	»	
1,666.....	71,3	»	324	
2,000.....	»	1.19	135	
2,500.....	73,2	1. 7	78	Solutions neutres à la phtaléine.
3,000.....	»	»	67	
3,333.....	74,2	»	»	
4,000.....	74,9	»	45	
4,333.....	»	0.15	»	
5,000.....	75,2	»	45	

2° *Solutions contenant par litre $\frac{1}{5}$ de molécule* BO^3H^3 *et* $\frac{1}{5}$ *de molécule* NaOH.

C.	T(I′).	α(II′).	N(III′).
		° ′	
0,000..........................	53,8	0. 0	»
0,200..........................	»	0.29	»
0,285..........................	66,2	»	»
0,545..........................	»	0.59	»
0,666..........................	73,3	»	»
0,800..........................	75,3	»	»
0,833..........................	»	1.15	»
1,000..........................	78,0	»	»
1,155..........................	»	1.23	»
1,330..........................	80,8	»	»
1,530..........................	»	»	111
1,600..........................	82,3	»	»
1,666..........................	»	1.18	»
1,800..........................	»	»	63
2,000..........................	84,0	»	»
2,200..........................	»	»	41
2,500..........................	»	1. 7	37
2,660..........................	85,3	»	»
2,850..........................	»	»	33
3,333..........................	»	»	32
4,000..........................	86,6	»	32

On a représenté ces résultats sur la figure ci-après, en portant en

abscisses les valeurs de C et en ordonnées les valeur s de T, α et N respectivement sur les courbes I et I′, II et II′, III et III′.



Les réactions qui s'accomplissent au sein des solutions étudiées sont toujours incomplètes. En effet, aucun angle net n'apparaît sur les courbes. En outre, le nombre de gouttes observé dans les mesures capillaires est au minimum de 32, alors que la même pipette et la même solution benzénique donnaient 16 gouttes dans l'eau distillée. Il subsiste donc toujours une certaine quantité de soude libre, et, par suite, d'acide borique non combiné.

D'autre part, lorsque la proportion de mannite augmente, la quantité d'alcali libre diminue constamment (courbes III et III′); au contraire la rotation commence à augmenter, puis reste à peu près invariable, puis diminue. Ces faits semblent pouvoir être interprétés en admettant l'existence d'au moins deux combinaisons distinctes de mannite, d'acide borique et de soude, la plus riche en acide borique ayant le pouvoir rotatoire le plus élevé.

Les changements d'allure des courbes I et III se produisent dans les mêmes régions du plan; mais, ainsi qu'il a été dit, il n'apparaît pas d'angle assez net pour qu'il soit légitime de préciser la composition des combinaisons formées.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage des carbonates alcalins en présence de la phtaléine du phénol.* Note de M. **Bonnier**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Un certain nombre de méthodes de dosage du carbone dans les aciers consistent à transformer le carbone en acide carbonique que l'on fait absorber par une solution titrée de soude. On a ensuite à effectuer un dosage volumétrique de carbonate alcalin en présence d'hydroxyde. Warder a indiqué un procédé de titrage (1), en présence de phénolphtaléine; le virage se produit quand le carbonate est transformé en bicarbonate. Winkler a indiqué un autre procédé (2) dans lequel on commence par précipiter le carbonate alcalin par un excès de $BaCl^2$. On obtient alors le virage quand la soude en excès a été neutralisée.

Ces deux procédés ont l'inconvénient de donner un virage progressif peu net.

La présente Note a pour but de rechercher les facteurs dont dépend ce virage et les conditions qui donnent le maximum de précision.

Soit d'abord la méthode de Warder.

Le bicarbonate formé est peu stable, et l'on peut le montrer par les expériences suivantes, portant sur une solution de carbonate qu'on a juste virée.

a. Si l'on abandonne la solution à elle-même, la coloration rose reparaît, d'autant plus vite que la solution est plus concentrée.

b. Si l'on agite violemment la solution, ou si l'on y fait barboter un fort courant d'air, la couleur rose réapparaît; elle disparaît à nouveau si l'on souffle dans le liquide un gaz chargé de CO^2.

c. Enfin, si le virage a été fait à 0°, la solution rosit en reprenant la température ordinaire. Le phénomène est réversible (cf. Treadwell).

Ces expériences mettent en évidence la réaction

$$2\,CO^3NaH = CO^3Na^2 + CO^3H^2,$$

CO^3Na^2 donnant, à son tour, avec l'eau,

$$CO^3Na^2 + H^2O = CO^3NaH + NaOH \qquad \text{(coloration de la Ph).}$$

Ajoutons les réactions du titrage, qui sont :

$$SO^4H^2 + 2\,NaOH = SO^4Na^2 + 2\,H^2O$$

(1) *Ann. Ch. Journal*, t. 3, 1881-1882, p. 55-58.
(2) *Traité d'Analyse quantitative* de Treadwell.

et

$$SO^4H^2 + 2CO^3Na^2 = 2CO^3NaH + SO^4Na^2.$$

Du moment qu'il s'agit d'équilibres, on peut examiner les facteurs suivants :

Titre des solutions employées;
Actions de masse;
Température;
Mode de versement;
Mode d'agitation.
Coloration initiale.

L'étude a porté sur des solutions à la concentration $\frac{N}{12}$, communément employée dans l'industrie. 1^{cm^3} d'acide correspond à 1^{mg} de carbone. La proportion de carbonate dans la soude n'a jamais dépassé la moitié.

L'examen systématique de l'influence des facteurs précédemment énumérés a conduit aux résultats suivants, valables pour les conditions usuelles des titrages en laboratoire industriel.

Sont sans influence :

1° L'action de masse : influence d'un excès de SO^4Na^2 dans la solution (0 à 300^{cm^3} d'une solution normale, ajoutés dans 20^{cm^3} de la liqueur d'essai).

2° La température (entre 11° et 30°).

3° Le mode d'agitation (douce ou violente).

Ont une influence, en commençant par le plus important :

1° *La coloration initiale.* — Son influence a déjà été signalée par Warder (*loc. cit.*). Théoriquement, il vaut mieux employer le moins d'indicateur possible; le maximum de précision est obtenu par une quantité d'indicateur la plus petite, à partir de laquelle la coloration est assez foncée pour qu'on puisse apprécier avec assez de certitude le passage au blanc.

Des essais sur une solution de carbonate sans soude, à la concentration $\frac{N}{100}$, ont donné, par exemple :

Pour 1^g de Ph..............................	Virage avec $15^{cm^3},8$
Pour 11^g de Ph..............................	» $16^{cm^3},3$

2° *Le mode de versement.* — Avec une solution $\frac{N}{120}$, moitié soude et moitié carbonate, on obtient :

En versant centimètre cube par centimètre cube et agitant chaque fois....................	Virage avec $15^{cm^3},8$
En versant 15^{cm^3} d'un coup, puis finissant goutte à goutte.........................	» $16^{cm^3},0$

3° *Dilution des solutions.* — M. Mestrezat (¹) a indiqué que le titrage se fait exactement « si l'on dilue suffisamment la prise d'essai par de l'eau bouillie, de façon à amener la proportion des carbonates alcalins à un taux inférieur à 0,07 pour 100 en CO^3Na^2 », soit un titre de $\frac{N}{75}$ environ. En reprenant ces essais, avec une coloration initiale constante, je suis arrivé à des dilutions un peu plus fortes, $\frac{N}{100}$ environ. Une solution moitié soude et moitié carbonate :

Étendus à $\frac{N}{60}$..................................	Vire avec $15^{cm^3},85$
» $\frac{N}{90}$..................................	» 15,8
» $\frac{N}{120}$..................................	» 15,8
» $\frac{N}{240}$..................................	» 15,8

Les conclusions pratiques à en tirer sont les suivantes :

Employer une solution de soude diluée à $\frac{N}{100}$, soit 50^{cm^3} NaOH $\frac{N}{12}$, plus 550^{cm^3} d'eau; y ajouter 6 gouttes de phtaléine. Verser l'acide centimètre cube par centimètre cube, en agitant chaque fois. Quand la teinte fléchit, verser goutte à goutte.

On obtient ainsi un dosage rapide, exact à deux gouttes près, soit $0^{cm^3},1$. Ceci correspond à $0^{mg},1$ de carbone.

Dans un acier contenant, par exemple, 0,10 pour 100 de carbone, après un dosage portant sur 1^g de métal, on ne connaît le deuxième chiffre à droite de la virgule qu'à une unité près. Et ceci, indépendamment des autres causes d'erreur (combustion incomplète, etc.).

La méthode de Winkler, excellente quand on opère sur des solutions concentrées, normales par exemple, donne avec les dilutions précédemment indiquées, $\left(\frac{N}{12}\right)$, un virage tout aussi progressif que dans la méthode de Warder, avec la complication du $BaCl^2$ en plus.

(¹) *Ann. Ch. analyt.*, 15 octobre 1918, p. 201.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le rôle de l'oxyde chromique dans l'oxydation sulfochromique.* Note de M. **L.-J. Simon**.

Cross et Bevan qui ont proposé, dès 1888, l'emploi du mélange sulfochromique pour la détermination du carbone dans les matières sucrées ont pris soin, pour éviter des objections éventuelles, de faire sur de tels mélanges quelques essais à blanc. J'ai fait des essais analogues pour étayer les méthodes analytiques dont je poursuis l'étude ([1]). Qu'on me permette de rappeler que dans ces méthodes on chauffe la matière organique, progressivement, jusqu'à 100° avec un mélange d'acide sulfurique concentré (12^{cm^3} à 15^{cm^3}), et soit d'anhydride chromique (4^g), soit de chromate d'argent (12^g). On maintient cette température pendant quatre minutes, après quoi on fait la lecture du volume dégagé. Voici maintenant les faits :

1° Le mélange — acides sulfurique et chromique — peut être chauffé à 100° pendant une heure et même davantage, sans libération d'oxygène ;

2° Il en est de même pour une chauffe de quatre minutes à 110°;

3° A 120°, après quatre minutes, le dégagement devient très appréciable ;

4° Il semble qu'on n'ait pas vu *le rôle important du sesquioxyde de chrome* dans ce dégagement d'oxygène, et par voie de conséquence *dans le pouvoir oxydant à une température donnée des mélanges chromiques.*

Si l'on répète *en présence d'alun de chrome* les essais à blanc, on observe un dégagement précoce d'oxygène, dépendant à la fois de la durée d'action et de la quantité d'alun.

Dans les nombreux résultats expérimentaux, je choisis les conclusions extrêmes :

1° Avec les proportions indiquées plus haut d'acide sulfurique et d'anhydride chromique, on n'observe de dégagement gazeux appréciable qu'en exagérant la dose d'oxyde ou la durée de chauffe : pour une durée de quatre minutes il faut employer 6^g d'alun et, d'autre part, avec $0^g,5$ d'alun il n'y a pas encore dégagement d'oxygène après vingt minutes. L'oxyde de chrome se comporte, quantitativement, comme l'alun si l'on fait état de la proportion d'oxyde que celui-ci renferme.

2° Si l'on consent à prolonger plus longtemps la durée de l'expérience,

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 514 et 734; t. 174, 1922, p. 1706; t, 175, 1922, p. 167 et 525.

l'acide sulfurique *peut décomposer totalement à* 100° *l'anhydride chromique*, à condition de l'additionner d'oxyde. En choisissant convenablement les proportions, on peut suivre assez loin la décomposition et la représenter assez bien par une formule parabolique telle que $v = \frac{at}{b+t}$. Dans cette formule, a, exprimé en centimètres cubes, représente le volume d'oxygène théoriquement libérable, et b, exprimé ainsi que t en heures, représente, comme dans toutes les formules de ce genre, le temps nécessaire à libérer la moitié de l'oxygène théorique. La valeur de b représente donc la vitesse de décomposition.

En employant 4^g d'anhydride chromique et 15$^{cm^3}$ d'acide sulfurique avec respectivement 4^g et 2^g d'oxyde de chrome, on a réuni les observations dans les formules

$$v = \frac{670\,t}{8,5+t} \quad \text{et} \quad v = \frac{670\,t}{12,7+t}.$$

Réellement observé : environ 580$^{cm^3}$ après 52 heures dans le premier cas et environ 560$^{cm^3}$ après 65 heures dans le second.

La vitesse de dégagement dépend donc de la quantité d'oxyde : avec des doses plus élevées, on est vite limité par l'empâtement de la masse; avec des doses plus faibles, l'action trop lente ne peut être poursuivie utilement. Pour ce cas, on observe un dégagement initial sensiblement proportionnel au temps et à la quantité d'oxyde.

Au bout d'une heure, on note :

	v.
	cm³
Avec 0^g,5 d'oxyde........................	6,5
» 1 »	15
» 2 »	40
» 4 »	65

Ces expériences ont été répétées avec le mélange d'acide sulfurique et de chromate d'argent. Pour 15$^{cm^3}$ d'acide sulfurique, 12^g de chromate et 4^g d'oxyde chromique, $v = \frac{600}{17,6+t}$: la vitesse de décomposition *est donc notablement ralentie par comparaison avec* CrO^3.

En dehors de l'intérêt qui s'attache à ces résultats relativement à l'emploi analytique de la méthode sulfochromique *à des températures supérieures à* 100°, il y a lieu d'en examiner quelques conséquences vis-à-vis des

méthodes dans lesquelles on s'impose de ne pas dépasser 100°. Examinons quelques cas particuliers :

Les homologues de l'acide acétique sont incomplètement brûlés en 4 minutes à 100° par le mélange d'acide sulfurique et d'anhydride chromique. Qu'arrivera-t-il si l'on prolonge la durée de chauffe?

L'expérience, faite sur l'acide propionique, répond que le dégagement gazeux se poursuit sans arrêt. Non seulement on atteint graduellement la valeur théorique, mais on la dépasse. Ce résultat est d'accord avec ce qui précède : l'oxyde de chrome formé d'abord provoque une oxydation plus complète de l'acide propionique et même l'apparition d'oxygène libre.

L'acide acétique lui-même est inattaquable dans les conditions normales d'application de la méthode, mais il n'en est plus de même si l'on fait intervenir l'oxyde de chrome. Suivant les modes cette circonstance surgit d'elle-même ou bien on peut la provoquer :

1° On peut produire cet oxyde au sein du mélange sulfochromique en employant celui-ci à brûler préalablement et complètement une substance oxydable *en quantité connue*.

2° On peut mélanger l'acide ou l'un de ses sels en *des proportions connues et différentes* avec des substances très oxydables telles que les acides formique et oxalique ou le méthylsulfate de potassium.

3° L'acide acétique peut résulter de l'oxydation incomplète d'une ubstance organique : acides homologues, alcools, acétines (*loc. cit.*), etc.

Dans toutes ces circonstances, l'acide acétique subit une oxydation partielle qui, dans certains cas, apparaît dans un rapport déterminé avec l'oxyde de chrome qui la provoque.

Le sesquioxyde de chrome joue donc dans l'oxydation sulfochromique un rôle important dont il faut tenir compte et dont il serait intéressant de démêler le mécanisme.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur les flores houillères de la Sarre.* Note [1] de M. Paul Bertrand, présentée par M. Ch. Barrois.

Sous la direction de MM. Ch. Barrois et G. Friedel et en collaboration avec notre collègue et ami, M. P. Pruvost, nous avons commencé, il y a

(1) Séance du 2 octobre 1922.

Couches inférieures d'Ottweiler (Stéphanien).	ZONE A *Pecopteris lamurensis* Heer. Flore de Rive-de-Gier. *Pecopt. arborescens* Schl. *Callipteridium pteridium* Schl. *P. polymorpha* Brongn. *Sphenophyll. oblongifolium* G. et K., etc Extinction de *Mixoneura ovata.* Disparition complète des *Mariopteris.* Apparition de *Leaia Bäntschiana* Beyrich.
Conglomérat de Holz.	
Flambants supérieurs.	ZONE A *Mixoneura ovata* Hoffmann. *P. sarœfolia* (cf. *P. Röhli* Stur) .... C (1) *P.* (cf. *Diplazites*) *longifolia* (Brongn.) Stur............ C *Margaritopteris Coemansi* Andræ...................... C Etc. Apparition d'espèces stéphaniennes : *Pecopt. unita* Brongn..... AC *Odontopteris Reichi*...... R *P. Plückeneti* Schl........ AC *Callipt. pteridium*....... R Persistance des *Mariopteris* du type *muricata-nervosa.*
Flambants inférieurs.	ZONE A *Pecopteridium Defrancei* Brongniart. *Diplotmema palmatum* Schimper.......................... C *Sphenopteris Goldenbergi* Andræ.......................... AC Apparition de *Pecopteris sarœfolia*.......................... AC » *P. longifolia*.................................. AC » *Margar. Coemansi.*
Charbons gras (y compris les couches de Rothell).	ZONE SUPÉRIEURE A *Sphenopteris Sauveuri* Crépin. *Sphen. quadridactylites* Gutb. *Sphenopteris* du groupe du *chœrophylloides* Brongn. — ZONE INFÉRIEURE A *Sphenophyllum myriophyllum* Crépin. *Linopteris neuropteroides* Gutbier, forme *major*.... CC — ZONE A *Neuropteris tenuifolia* Schl. *N. Scheuchzeri* Hoffm...... C *N. pseudogigantea* Potonié, forme *lingua*........... CC *P.* cf. *pennœformis* Brongn. CC *Sphen.* cf. *macilenta* Potonié. C *Sphen furcata* Brongn...... AC Etc.

(1) CC, très commun; C, commun; AC, assez fréquent; R, rare.

deux ans, l'étude des flores fossiles du bassin houiller de la Sarre et de son prolongement sur le territoire français. Grâce à l'initiative du Service domanial des Mines de la Sarre et de son éminent Directeur général, M. Defline, les recherches détaillées et minutieuses, indispensables pour mener à bien ce travail, sont en cours; elles fourniront certainement une moisson de documents nouveaux, tant au point de vue géologique que paléontologique. A titre d'orientation générale, nous croyons devoir publier dès maintenant les résultats de nos premières recherches Nous avons condensé ces résultats dans un Tableau, qui donne très sommairement les caractères des principales flores houillères de la Sarre et leur répartition verticale (1).

Principales conclusions. — I. La zone à *Neuropteris tenuifolia* Schl. (assise des charbons gras) de la Sarre correspond à peu près à la zone à *N. tenuifolia* et *Linopteris sub-Brongniarti* Gr. E. (assise de Bruay) du Nord de la France (2).

II. La zone à *Pecopteridium Defrancei* Brongn. (flambants inférieurs) n'est pas représentée dans le Nord de la France, ni en Belgique, ni en Westphalie, ni dans le Gard.

III. La zone à *Mixoneura ovata* (flambants supérieurs) paraît correspondre exactement à la zone à *Mixoneura flexuosa* du Gard (3). Cette équivalence est corroborée par l'apparition de *Leaia Bäntschiana* Beyrich immé-

---

(1) Les listes d'espèces caractéristiques des charbons gras, des flambants inférieurs et des flambants supérieurs, publiées par Potonié, *in* Leppla, *Geol. Skizze des Saarbrücker Steinkohlengebirges*, 1904, reposent sur des mélanges d'échantillons provenant de zones différentes; elles donnent une impression tout à fait inexacte de la composition des flores successives.

H. Potonié a indiqué en 1902 (*Naturwiss. Wochenschr., neue Folge* I, n° 23) la subdivision des charbons gras en deux zones paléontologiques. Enfin, H. Potonié et W. Gothan ont indiqué très brièvement en 1913 (*Paläobotanisches Praktikum*, p. 146) la succession correcte des zones végétales dans les couches de Sarrebrück, savoir : 1. *Sphenophyllum myriophyllum*, à la base. — 2. *Sphenopteris Sauveuri*. — 3. *Pecopteris Defrancei*. — 4. *Neuropteris ovata* au sommet.

(2) P. Bertrand, *Les zones végétales du terrain houiller du Nord de la France* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 780).

(3) P. Bertrand, *Succession normale des flores houillères dans le bassin houiller du Gard* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 331).

diatement au-dessus de cette zone dans la Sarre, très au-dessus dans le Gard [1]. Toutefois, la composition des flores présente de part et d'autre des différences, que des études plus détaillées nous permettront de préciser.

IV. *Corollaire du paragraphe précédent.* — La série westphalienne est couronnée par une zone de 600^m à 1000^m d'épaisseur, caractérisée : 1° par l'abondance prodigieuse des *Mixoneura* du type *ovata* Hoffmann (*flexuosa* G[d] Eury); 2° par la persistance des *Mariopteris* du type *muricata-nervosa*. Le début du Stéphanien est marqué : 1° par la réduction considérable et l'extinction des *Mixoneura*, cités plus haut; 2° par la disparition complète des *Mariopteris*; 3° par l'apparition de la *Leaia Bäntschiana*.

V. Les couches inférieures d'Ottweiler représentent la série de Rive-de-Gier ou la série supérieure de Molières dans le Gard (couches supérieures à couche XI). Elles renferment exactement la même flore; elles sont caractérisées notamment par l'abondance de *P. lamurensis* (= *P. lamuriana* Heer) et de *P. arborescens* Schl.

OCÉANOGRAPHIE. — *Variations diurnes de la concentration en ions hydrogène de l'eau de mer littorale.* Note de M. **R. Legendre**, présentée par M. J.-L. Breton.

Il y a quelques années, j'avais étudié à diverses reprises [2], heure par heure, les variations diurnes de la densité, de la température et de la teneur en oxygène de l'eau de mer prise sur le rivage même, soit à Concarneau, soit à Arcachon. Ces données paraissaient nécessaires pour analyser divers phénomènes rythmiques présentés par certains animaux littoraux [3].

Depuis cette époque, une nouvelle notion est apparue en océanographie biologique, celle de la concentration en ions hydrogène de l'eau de mer.

On peut aujourd'hui la mesurer aisément par plusieurs méthodes et la représenter, selon la notation proposée par Sörensen et universellement

---

(1) D'après les études de M. P. Pruvost.

(2) R. Legendre (*Bull. Inst. océanogr.*, n° 111, 21 février 1908; n° 144, 30 juin 1909; n° 158, 30 janvier 1910).

(3) R. Legendre, *Les conditions de vie des animaux littoraux* (*Bull. Inst. gén. Psychol.*, 12e année, 1912, p. 203-220).

adoptée par la valeur PH, logarithme de la valeur inverse de cette concentration.

Cet été, à Concarneau, j'ai, à quatre reprises différentes, prélevé d'heure en heure de l'eau de mer à la côte, au même point que dans mes recherches précédentes, j'ai noté sa température et sa densité, dosé l'oxygène par la méthode de Lévy et Marboutin que j'avais déjà employée et mesuré le PH par la méthode colorimétrique de Sörensen et Palitzsch ([1]).

Les quatre séries d'expériences, faites au mois de septembre, deux par marées de morte eau et deux par grandes marées, ont donné des résultats concordants.

Je ne donnerai ici que les observations d'une seule journée, les autres montrant des variations analogues.

Eau prise à Concarneau, à l'extrémité de la cale de la criée, le 15 septembre 1922, pendant une marée de morte eau (haute mer à 10^h36^m, $H = 36,5$; basse mer à 17^h02^m, $H = 17,5$). Mer calme; soleil presque constamment dans un ciel en partie nuageux; pression barométrique rapidement croissante, de $760^{mm},7$ à $766^{mm},7$ pendant la durée des observations.

Heure ([2]).	Température.	Densité ([3]).	Oxygène dissous.	PH ([4]).
h	o		mg par litre	
7	13,6	1026,3	7,9	8,00
8	13,7	1026,2	8,1	7,99
9	13,75	1026,2	8,0	8,03
10	14,3	1026,2	8,2	8,06
11	14,4	1026,1	8,7	8,09
12	14,45	1026,1	9,2	8,16
13.45m	14,5	1026,2	9,6	8,16
15	14,55	1026,2	9,4	8,19
16	14,6	1026,1	9,9	8,19
17	14,35	1026,1	9,2	8,16
18	14,5	1026,2	9,1	8,14
19	14,2	1026,0	7,2	8,01

La difficulté de comparer à la lumière artificielle les couleurs employées pour la détermination des ions hydrogène ne permet pas de continuer des mesures après le crépuscule.

([1]) SVEN PALITZSCH, *Détermination des ions hydrogène par la méthode colorimétrique* (*Bull. Inst. océanogr.*, n° 409, 5 avril 1922).

([2]) Heure d'été, en avance d'une heure sur l'heure réelle.

([3]) Densité sans correction.

([4]) PH avec correction de l'erreur de sels.

La concentration en ions H de l'eau de mer littorale varie donc pendant la journée. Le PH passe par un maximum vers 3^h de l'après-midi ; c'est-à-dire qu'à ce moment, la teneur en ions OH, l'alcalinité réelle est la plus grande. Le PH diminue ensuite rapidement vers la fin du jour; il s'élève progressivement dans la matinée du lendemain.

Cette variation diurne est considérable, puisqu'une différence de PH de 8,0 à 8,2 signifie que la concentration en ions OH est passée sensiblement de 1 à 1,6, soit une augmentation d'alcalinité réelle de plus de moitié.

On ne peut l'expliquer par les faibles oscillations de la densité qui, quand elles sont nettes, suivent le rythme de la marée et non celui du jour, ni par les variations de température, quoique synchrones de celles du PH, puisqu'une augmentation de température de 1° n'ajoute que 0,01 au chiffre du PH.

La relation avec la teneur en oxygène de l'eau est beaucoup plus frappante. Tous deux montrent des variations amples et synchrones; leurs variations se superposent presque rigoureusement. On peut d'ailleurs l'expliquer aisément par les phénomènes de photosynthèse que présentent à la lumière les grandes algues du fond et les petites du plankton. Le jour, tous ces végétaux consomment l'acide carbonique de l'eau (CO^2 dissous ou CO^2 des bicarbonates), diminuant ainsi la concentration en ions H de celle-ci, et ils dégagent de l'oxygène, augmentant la teneur de l'eau en ce gaz.

Au large, le plankton végétal est en quantité trop petite pour rompre l'équilibre de l'eau de mer, si l'on en juge par les nombreuses mesures du PH qui ont déjà été faites sur plusieurs océans et qui le montrent constant aux diverses heures du jour sur de larges étendues.

Près de la côte, lorsque la profondeur devient assez faible pour que la lumière pénètre jusqu'au fond, celui-ci, si les autres conditions sont favorables, est couvert de grandes algues fixées. Elles ajoutent leur action de photosynthèse à celle des végétaux planktoniques et ont une activité suffisante pour faire varier l'équilibre de l'acide carbonique dans l'eau. De ces phénomènes de photosynthèse, variables avec l'éclairement, les mesures du PH révèlent un des aspects dont l'autre est décelé par les dosages d'oxygène.

La baie de la Forêt, avec ses quelque 30^{km^2} de prairies sous-marines, forme un vaste champ d'assimilation chlorophyllienne dont l'activité se révèle dans les variations de teneur en oxygène et de concentration des ions H de l'eau qui baigne le port de Concarneau.

Si cette observation est nouvelle pour les côtes françaises, elle a déjà été faite en ces dernières années sur divers points du globe : par Gaarder, en 1917, dans les fjords de Norvège; par Mc. Clendon, en 1917, à Tortugas (Floride); par Gail, en 1919, et par Powers, en 1921, dans le Puget Sound (côte pacifique des États-Unis). C'est donc un phénomène général le long de toutes les côtes pourvues d'une abondante végétation marine.

Nul doute qu'il joue un rôle important dans la biologie des animaux de la zone littorale.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Dix ans de culture des Infusoires sans conjugaison.* Note de M. S. **Metalnikow**, présentée par M. F. Mesnil.

Un problème important qui peut être résolu par des expériences sur la multiplication des infusoires est celui de l'âge ou de l'immortalité du protoplasme cellulaire. La cellule peut-elle se multiplier et se diviser à l'infini, ou bien existe-t-il une certaine limite au delà de laquelle elle ne peut plus se diviser ? Le phénomène des changements séniles menant à la mort naturelle se présente-t-il à un moment donné comme le croyait Maupas ? La conjugaison est-elle le processus stimulant qui sauve la cellule de la dégénérescence et de la mort ?

Telles étaient les questions qui, nous semblait-il, pouvaient être résolues par les expériences sur les cultures d'infusoires isolés.

Nos expériences sur les infusoires (*Paramœcium caudatum*) furent commencées en 1908.

Pendant les deux premières années, nous nous sommes appliqués aux expériences préparatoires. Ce n'est qu'en 1910 que nous parvînmes à perfectionner nos procédés et à trouver des infusoires plus résistants et mieux adaptés aux conditions du laboratoire. La forme primitive (provenant d'un petit étang des environs de Pétrograd) a donné naissance aux 20 cultures isolées qui se sont poursuivies jusqu'en l'année 1917; elles furent alors transportées à l'Université de Crimée par mon assistant, M. Galadjeff, qui les a entretenues jusqu'à présent. Ainsi ces cultures ont à peu près 15 ans. Pour le moment nous avons les données concernant la multiplication de ces infusoires pendant 10 ans (de juillet 1910 à octobre 1920).

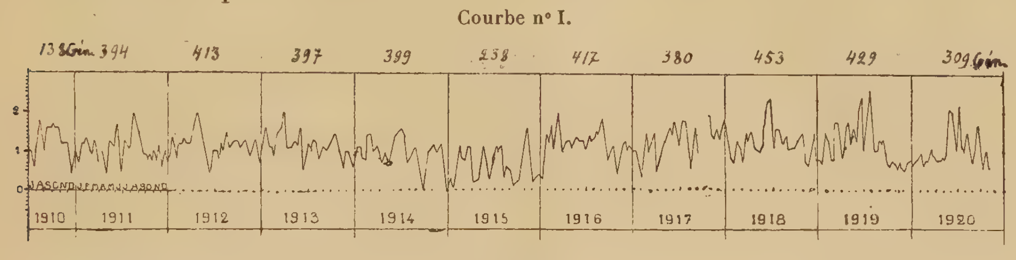
Pour l'élevage des infusoires, nous avons employé principalement les infusions de foin que nous avons préparées en soumettant à l'ébullition un ballon contenant 100^{cm^3}-200^{cm^3} d'eau et 1^g-2^g de foin. Outre l'infusion de

foin, nous avons employé une solution d'extrait de viande Liebig, si recommandée par Woodruff.

Pour empêcher les infusoires de se conjuguer, nous les avons mis, à mesure qu'ils naissaient, dans des cellules séparées. Comme cellules, nous avons employé des lames creuses dans lesquelles nous introduisions 3-8 gouttes de l'infusion de foin ou de quelqu'autre milieu nutritif. Le nombre des infusoires fut enregistré chaque jour. Tous les infusoires superflus furent rejetés ou mis dans une culture spécialement réservée ([1]).

Nous donnons ci-dessous la courbe de la rapidité de multiplication des infusoires sans conjugaison pendant 10 ans et 3 mois. La courbe représente les moyennes prises tous les 10 jours, de sorte que, pour chaque mois, nous obtenons trois points.

Courbe n° I.



Courbe générale montrant la rapidité de la multiplication des infusoires sans conjugaison pendant 10 ans. On a porté en abscisses les temps et en ordonnées le nombre de générations. (L'interruption de la courbe de 1917 est due à la perte d'une partie de nos documents.)

Nos expériences, comme celles de Woodruff ([2]), prouvent sans aucun doute qu'il n'existe aucun rapport entre la multiplication et l'âge de la culture, c'est-à-dire que la rapidité de la multiplication n'a pas diminué pendant les 10 années de la vie de la culture. La quantité totale de générations pour les 10 années est de 3967 (400 générations par année).

Nos expériences prouvent aussi que la conjugaison n'est point obligatoire; que la cellule, dépourvue de la possibilité de se conjuguer, ne dépérit pas par dégénérescence sénile, mais qu'elle se multiplie avec la même énergie qu'auparavant.

Ce qui frappe, en examinant cette courbe, ce sont les grandes oscillations de la rapidité de la multiplication. Pourtant ces oscillations,

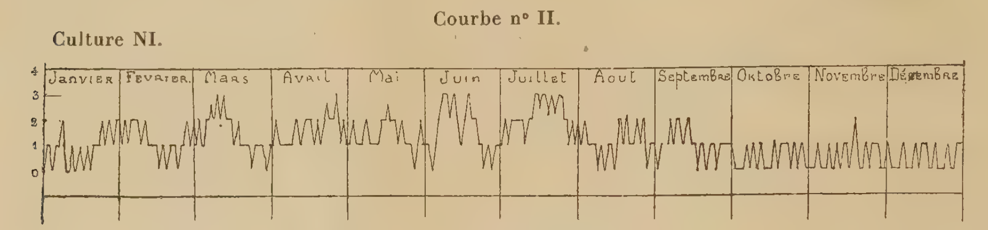
---

([1]) *Ann. Inst. Pasteur*, t. 33, 1919.

([2]) *Arch. f. Protistenk.*, t. 21, 1911; *J. Experim. Zoöl.*, t. 11, 1911; *Proc. of Nation. Acad. Sciences*, vol. 7, 1921.

qu'indique la courbe construite avec les moyennes pour dix jours, sont sensiblement atténuées. Les courbes, marquant la rapidité journalière, présentent ces oscillations d'une manière encore plus démonstrative.

Courbe n° II.



La courbe montre la rapidité journalière de la multiplication d'un seul infusoire (culture I) pendant l'année 1919.

En examinant cette courbe, nous voyons que la rapidité de la multiplication varie presque chaque jour. Parfois elle monte jusqu'à trois générations par jour, parfois elle tombe à zéro; ces oscillations, ces variations du rythme de la multiplication sont très marquées dans toutes les cultures.

D'après Woodruff et Erdmann (¹), ce rythme est dû aux changements très compliqués qui s'opèrent dans les noyaux des infusoires et qu'ils ont décrits sous le nom d'Endomyxie. On peut se demander si c'est vraiment l'Endomyxie qui est la cause de toutes ces oscillations; peut-être s'agit-il d'autres causes inconnues provoquant l'arrêt de la multiplication et la reconstruction du noyau. Les expériences de Woodruff ne donnent pas de réponse à ces questions.

Quel est le rôle de l'Endomyxie? Est-ce un processus naturel ou pathologique? Est-ce un processus régénérateur qui rajeunit la cellule et la sauve de la mort naturelle, comme on pensait que pouvait le faire la conjugaison? Malheureusement toutes ces questions ne peuvent être résolues par l'expérience. En isolant les infusoires, nous pouvons facilement les empêcher de se conjuguer, mais nous ne pouvons pas, par ce procédé, arrêter les processus internes de la cellule.

(¹) L. Woodruff et R. Erdmann, *Jl. Exper. Zool.*, t. 17, 1914.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la transmission en série du pouvoir protéolytique initialement conféré au suc pancréatique inactif par l'entérokinase.* Note de M. C. **Delezenne** et Melle **Suzanne Ledebt**, présentée par M. Roux.

L'activation du suc pancréatique par l'entérokinase est un phénomène facile à observer, mais dont le mécanisme reste encore obscur. Si l'entérokinase présente un certain nombre de caractères (destruction par la température, efficacité des petites doses avec le temps, etc.) qui ont permis de l'assimiler à un ferment, il faut bien reconnaître qu'on est encore loin d'être fixé sur le rôle exact de ce ferment et, par là même, sur les modifications chimiques, ou physico-chimiques, qu'il fait subir aux constituants indéterminés du suc pancréatique, qui sont les précurseurs de la trypsine. Certains faits sont d'ailleurs de nature à laisser des doutes sur le rôle fermentaire de l'entérokinase. N'a-t-on pas observé, par exemple, que cette substance, à moins d'avoir été introduite en grand excès dans le suc pancréatique, ne peut plus y être manifestée quand la trypsine est complètement libérée. L'expérience montre, en effet, qu'un suc pancréatique activé par l'entérokinase, dans les conditions habituelles des essais, c'est-à-dire à l'étuve à 39°, est incapable, même avec le temps, de déterminer à son tour l'activation d'un suc neuf auquel il est ajouté. De cette expérience, on a tiré la double conclusion : 1° que l'entérokinase est consommée ou détruite au cours de l'activation ; 2° que la trypsine formée est, elle-même, dépourvue de tout pouvoir activateur.

Il est cependant des conditions expérimentales qui permettent de mettre facilement en évidence les propriétés activantes d'un suc pancréatique soumis, au préalable, à l'action de la kinase. Ces conditions, disons-le immédiatement, sont réalisées, quand l'activation initiale du suc pancréatique est effectuée à basse température, soit au voisinage de 0° par exemple.

Le suc pancréatique, additionné d'une dose convenable de suc intestinal (ou de macération d'intestin), s'active parfaitement en effet, à 0°. La quantité de trypsine qui apparaît, à cette température, est même, toutes autres conditions étant égales, sensiblement plus élevée qu'à 39° ; par contre, le temps nécessaire à la libération complète du ferment est infiniment plus long à 0° qu'à 39°. C'est ainsi par exemple, qu'un suc kinasé qui s'active complètement en 30 à 40 minutes à 39° n'atteint souvent son maximum d'activité qu'après un séjour de 36 à 48 heures dans la glace fondante.

On s'assure aisément qu'il en est ainsi, en effectuant dans les mélanges des prises successives que l'on fait agir, pendant un temps très court, à l'étuve à 39°, sur une substance facile à digérer telle que la gélatine par exemple. Grâce à cette méthode on réduit au minimum les modifications secondaires que subissent, dans leur évolution, les mélanges portés à l'étuve en présence de la matière à digérer et l'on évalue assez exactement la quantité de trypsine qu'ils renferment à un moment donné.

Dans la pratique nous portions les prises successives, convenablement diluées, sur les tubes renfermant 2^{cm^3} de gélatine à 5 pour 100, que nous abandonnions à l'étuve 5, 10 ou 15 minutes au plus. Pour la plupart des sucs pancréatiques que nous avons utilisés (sucs de secrétine recueillis chez les chiens à jeun) la libération de la trypsine était au maximum quand nous obtenions, dans les conditions précises des essais que nous venons d'indiquer, et après un temps d'action de 15 minutes à 39°, la liquéfaction complète de la gélatine (absence ultérieure de gélification à 7°) avec une dose de suc ne dépassant pas $0^{cm^3},002$ à $0^{cm^3},003$.

C'est, en général, lorsque ce degré d'activité est atteint, que l'on peut tenter d'activer un suc neuf en lui ajoutant une certaine quantité du suc initial soumis à 0° à l'action de la kinase. Pour cela, ajoutons à $\frac{9}{10}$ de suc neuf, $\frac{1}{10}$ de suc kinasé (suc I) dont le maximum d'activité a été atteint par exemple après un temps de séjour de 48 heures dans la glace fondante et maintenons ce second mélange (suc II) à la même température de 0°. En utilisant la technique, précédemment décrite, nous constaterons qu'au bout de quelques heures il aura acquis, dans son ensemble, la même activité que le premier (suc I). La prise faite après 4 heures et demie par exemple, liquéfiera complètement la gélatine à la dose de $0^{cm^3},003$ en moins de 15 minutes.

De cette expérience, on peut déjà conclure qu'un suc pancréatique activé à 0° par l'entérokinase possède, lui-même, des propriétés activatrices, et que celles-ci ne sont plus vraisemblablement imputables à la kinase. En effet, tandis que, dans l'expérience dont il s'agit, le suc initial (suc I) a demandé 48 heures pour libérer la totalité de sa trypsine, le suc II 10 fois moins riche en kinase que le précédent s'active au même degré en un temps infiniment plus court, soit en moins de 5 heures. Répétons, d'ailleurs, la même expérience en utilisant maintenant le suc II et ajoutons encore à $\frac{9}{10}$ de suc neuf $\frac{1}{10}$ de ce second suc activé. Après avoir abandonné le mélange (suc III) à 0°, pendant quelques heures, nous observons qu'il a acquis, à son tour, la même activité que les précédents : comme eux, il liquéfie la gélatine à la dose de $0^{cm^3},002$ à $0^{cm^3},003$ en l'espace de 15 minutes.

De plus, il se montre capable de renouveler encore une fois le même processus d'activation vis-à-vis d'un suc neuf auquel il est ajouté (suc IV).

En fait, lorsqu'on a soin d'opérer à basse température, et le mieux est de rester au voisinage de 0°, on observe qu'en partant d'un premier suc pancréatique dont l'activation a été elle-même réalisée à 0° par la kinase, on peut transmettre en série cette activation initiale et la suivre de suc en suc, pour ainsi dire, indéfiniment.

Nous avons pu, en observant de très près toutes les précautions indispensables à la réussite de cette expérience (asepsie rigoureuse des sucs, maintien constant des mélanges à basse température avant les essais, dilution du suc activé par des proportions convenables de suc neuf), effectuer une série continue de 30 passages. Ajoutons que si la gélatine, en raison de la facilité avec laquelle elle est attaquée en un temps très court par le suc pancréatique activé, se prête tout particulièrement bien à l'étude des mélanges en évolution, on peut, quand l'activation est réalisée, démontrer l'existence de la trypsine dans toute la série des sucs activés, en utilisant l'ovalbumine coagulée comme réactif. Il est même curieux de constater que leur action digestive, vis-à-vis de l'albumine d'œuf, est souvent plus intense et plus rapide que celle manifestée par d'égales quantités de suc neuf activé d'emblée à 39° par une dose optimum de kinase.

Notons que cette propriété particulière, acquise par les sucs pancréatiques activés en série à basse température, est extraordinairement labile. Il suffit, en effet, de porter pendant quelques minutes à 39° les mélanges activés au préalable à 0° pour voir disparaître complètement leur faculté de provoquer une nouvelle activation, alors qu'ils conservent presque intégralement leur pouvoir protéolytique.

Nous aurons à envisager plus tard la nature de ce curieux phénomène qui peut être initialement provoqué, non seulement par l'entérokinase, mais encore par des activateurs qui n'ont aucun caractère de ferment. Signalons déjà qu'il y a lieu d'en rapprocher les observations déjà anciennes faites par Vernon [1] dans ses recherches sur le lab des extraits pancréatiques. Peut-être faut-il en rapprocher aussi les phénomènes de lyse microbienne transmissible dont l'étude, sous l'impulsion de Twort de d'Hérelle, puis de Bordet et de son école, a pris un si grand développement au cours de ces dernières années.

---

[1] VERNON, *Biochemical Journal*, t. 8, 1914, p. 494-529.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la relation entre l'état colloïdal et les fonctions physiologiques du protoplasme.* Note de MM. **René Wurmser** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. Henneguy.

Les travaux les plus récents ([1]) sur l'assimilation chlorophyllienne ont établi la part qui revient au protoplasme dans la photosynthèse. D'autre part, les recherches de O. Warburg ([2]) ont attiré l'attention sur l'extrême analogie qui existe entre la respiration et l'oxydation des substances organiques à la surface d'un corps tel que le charbon. Dans les deux fonctions essentielles de la vie des végétaux, respiration et assimilation chlorophyllienne, l'état des colloïdes cellulaires doit jouer un rôle important. C'est ce que nous avons voulu montrer par les expériences suivantes :

En chauffant des fragments d'algues, on détermine chez ces végétaux des modifications de leurs échanges gazeux. La température nécessaire pour obtenir ces modifications s'abaisse avec la durée du chauffage. Mais, pour toutes les algues étudiées, il suffit d'un traitement de 2 minutes entre 35° et 45°. L'examen microscopique ne révèle aucune variation concomitante dans la structure des cellules ([3]). Il semble donc impossible que les phénomènes observés soient conditionnés par autre chose qu'une modification de l'état colloïdal. On sait d'ailleurs qu'une variation du nombre et des dimensions des granules apparaît dans les colloïdes des organismes à des températures inférieures à celles qui entraînent la coagulation ([4]).

1° Nous avons maintenu pendant 2 minutes dans de l'eau de mer chauffée à différentes températures des fragments d'algues marines qui étaient ensuite replacés dans l'eau à température normale et exposés à la lumière. On dosait l'oxygène par la méthode de Winckler. Les chiffres suivants

---

([1]) R. Wurmser, *Recherches sur l'assimilation chlorophyllienne* (*Arch. Phys. Biol.*, t. 1, 1921, p. 33).

([2]) O. Warburg, *Bioch. Zeitschr.*, t. 119, 1921, p. 134.

([3]) Nous sommes heureux de remercier ici M. Mangenot qui a bien voulu examiner des préparations de *Codium tomentosum* ayant servi à nos expériences.

([4]) A. Mayer et G. Schæffer, *Sur la structure des gels* (*Comptes rendus Soc. de Biologie*, t. 64, 1908, p. 681.) — G. Matisse, *Action de la chaleur et du froid sur l'activité des êtres vivants* (Thèse, Paris, 1919).

indiquent la variation de la teneur de l'eau de mer en oxygène, le chiffre 100 représentant l'excès d'oxygène dû à l'assimilation de l'algue normale :

		36°.	38°.	40°.	42°.	45°
Ulva lactuca................	100	100	62	33	7,2	—1,4
Iridea edulis................	100	69,8	25,8	16,4	—26,6	»
Rhodymenia palmata (rouge).	100	98,9	28,2	4,1	—15,2	»
Codium tomentosum.........	100	90,9	19	»	—22,3	»
Laminaria saccharina.......	100	35	—51,4	—57	—50,4	»
Laminaria digitata..........	100	71,6	—81,2	—81,2	»	»
Rhodymenia palmata (vert)..	100	12,2	—20,3	—16,7	—18,9	»

Les modifications produites par le chauffage réduisent plus fortement la fonction assimilatrice que la fonction respiratoire de l'algue, d'où compensation de l'oxygène dégagé par l'oxygène absorbé; puis, à partir d'un point d'inversion, variable d'un cas à l'autre, excès de ce dernier sur le premier. Dès 1873, Schützenberger et Quinquaud ([1]) avaient signalé le même fait dans le cas d'*Elodea canadensis* chauffé à 45°-50°. On a donc affaire ici à un phénomène commun à tous les végétaux à chlorophylle.

2° Nous avons fait une étude plus complète sur une algue verte (*Ulva lactuca*) chauffée pendant 2 minutes à des températures croissantes, en déterminant, non seulement l'excès de l'oxygène dégagé sur l'oxygène absorbé à la lumière, mais aussi l'oxygène absorbé par l'algue respirant à l'obscurité. Dans cette partie de notre travail, nous nous sommes servis parallèlement de la méthode colorimétrique d'Osterhout et du dosage direct de l'oxygène. Les deux méthodes ont donné des résultats tout à fait concordants dont voici les moyennes :

	36°.	37°.	38°.	39°.	40°.	41°.	42°.	44°.	45°.
Assimilation — respiration..	100	83	62	39	33	10	0,7	»	—0,014
Respiration seule..........	5	4,1	3,5	»	3,0	»	2,6	1,9	1,65

La respiration étant très faible relativement à l'assimilation, la première ligne de chiffres représente très sensiblement les variations de la photosynthèse. On voit que celle-ci est abaissée au $\frac{1}{100}$ de son intensité normale lorsque l'algue a été chauffée à 41°, tandis que le même traitement a abaissé

([1]) P. Schützenberger et F. Quinquaud, *Sur la respiration des végétaux aquatiques immergés* (*Comptes rendus*, t. 77, 1873, p. 272).

à peine la respiration à la moitié de sa valeur normale. La respiration diminue ensuite régulièrement :

	46°.	50°.	52°.	54°.	57°.	60°.	65°.
Respiration seule.....	1,65	1,45	1,3	1,0	0,70	0,50	0,01

On ne constate aucune diminution brusque de la respiration qui apparaît ainsi comme liée simplement à l'état physique du protoplasme.

3° Chez d'autres algues (*Rhodymenia*, *Laminaria*) la respiration ne décroît pas constamment comme dans le cas de l'*Ulve*. Non seulement elle subsiste après que toute assimilation a disparu, mais elle devient supérieure à la normale quand on a chauffé les fragments à une certaine température. Haas (¹) a déjà signalé que chez les Laminaires tuées par dessiccation ou au moyen d'anesthésiques la respiration peut être supérieure à celle des algues vivantes. On conçoit, en effet, que la respiration étant conditionnée par l'état des colloïdes cellulaires sera modifiée, comme elle l'est par la chaleur, par tous les autres agents capables d'agir sur l'état colloïdal.

ZOOLOGIE. — *Interpénétration surrénalo-testiculaire chez des coqs castrés incomplètement.* Note de MM. **A. Pézard** et **F. Caridroit**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

A la suite de castrations incomplètes effectuées sur les coqs, il nous a été donné d'observer un phénomène intéressant au point de vue histologique et embryologique : l'envahissement des transplants testiculaires accidentels par le tissu médullaire adrénalinogène, et inversement, la présence de canaux séminifères à l'intérieur de la surrénale, canaux qui, un an après l'opération, manifestaient encore des signes d'activité fonctionnelle.

Rappelons d'abord un fait classique. La surrénale des Oiseaux renferme, comme celle des Mammifères, deux tissus bien distincts : le tissu cortical et le tissu médullaire. Mais la répartition topographique chez les Oiseaux ne correspond nullement aux désignations établies d'après l'examen des Mammifères. Les éléments médullaires (adrénalinogènes et phæochromes) sont répartis en cordons flexueux courts, isolés et disséminés dans le tissu cortical; ordonné en cordons plus allongés, ce dernier forme comme le fond de la préparation microscopique (*fig.* 1).

(¹) A.-R.-C. Haas, *Respiration after death* (*Bot. Gaz.*, t. 67, 1919, p. 347).

Expériences : *Coq* n° 4. — Race Leghorn doré ; né le 3 mars 1920 ; castré le 30 mai 1920 ; autopsié le 4 juin 1921.

Deux transplants de la grosseur d'une tête d'épingle faisant saillie sur la surrénale. Les transplants sont formés de tubes séminifères sans tissu interstitiel, ni trace de spermatogenèse. Chaque tube renferme un cytoplasme d'aspect fibrillaire, ayant l'apparence d'un syncytium accolé à la paroi du tube, et parsemé de noyaux indifférents, alignés plus ou moins parallèlement à la paroi. L'épididyme adhère aux nodules.

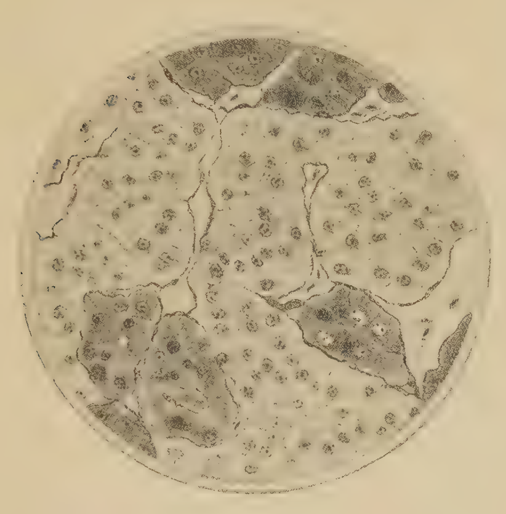


Fig. 1. — Capsule surrénale de coq. Fix. Bouin, Col. Prenant. G. : 525. Cordons médullaires très foncés. Tissu cortical plus clair formant le fond de la préparation.

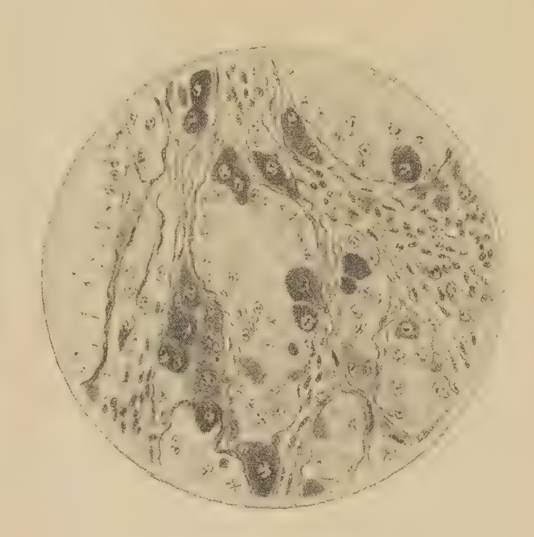


Fig. 2. — Invasion inter- et intratubulaire chez le coq n° 9. G. : 490. Fix. Bouin. Col. Hem. au fer. Rose de Magdala. Rouge Congo. Cellules médullaires très foncées. Canaux séminifères à structure sertolienne.

Les deux nodules s'appliquent étroitement contre la surrénale dans laquelle ils s'enfoncent à demi, bien que séparés d'elle par un tissu conjonctif mince. Contre la cloison de séparation, côté surrénal, nous distinguons une bande continue de cellules phæochromes serrées sans ordre et non plus groupées en cordons ; cela semble indiquer que les canaux simplifiés exercent un tropisme positif vis-à-vis des cellules phæochromes.

Coq n° 7. — Race Leghorn doré ; né le 3 mars 1920 ; castré le 30 mai 1920 ; autopsié le 8 mai 1921.

Transplant formé par deux masses contiguës. — Même structure que précédemment, c'est-à-dire pas de tissu interstitiel, et canaux séminifères réduits au syncytium

sertolien. Entre les deux nodules, nous trouvons les éléments surrénaux (corticale et médullaire), au milieu d'un conjonctif abondant. En un point même, les cellules médullaires ont pénétré dans le nodule et se groupent autour de canaux séminifères particulièrement réduits.

Coq n° 9. — Race Leghorn doré; né le 30 avril 1920; castré le 2 juin 1920; autopsié le 24 mai 1921.

Transplant de la grosseur d'une lentille couvrant la face libre de la surrénale. — Au microscope, nous n'observons entre les deux glandes aucune séparation conjonctive; même il existe une région où les deux organes sont incontestablement mélangés.

a. A la face interne du nodule se pressent un grand nombre de cellules phæochromes, ce qui semble encore dénoter un tropisme positif.

b. Dans le conjonctif intertubulaire beaucoup de cellules phæochromes occupent la place normale des cellules interstitielles, parfois groupées, parfois isolées (*fig.* 2).

c. Il existe également des cellules phæochromes à l'intérieur de beaucoup de canaux. Elles ont pris place dans le syncytium sertolien, ont conservé leur forme, leurs dimensions, leurs granulations, les réactions de coloration et ne diffèrent en rien des cellules phæochromes demeurées en place, visibles dans la même préparation. La quantité relative d'éléments médullaires diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la surrénale.

d. Inversement, au milieu de la surrénale se trouvent inclus quelques canaux séminifères différant bien des canaux normaux par l'absence de lumière, mais contenant toute la lignée séminale : spermatogonies, spermatocytes, spermatides et même quelques spermatozoïdes. Fait singulier : bien qu'adjacents à des cordons médullaires, ils ne renferment aucun élément phæochrome, d'où nous pensons pouvoir conclure à l'absence de tropisme de la part du tissu séminal normal.

Discussion. — La présence d'éléments phæochromes à l'intérieur de nodules testiculaires peut s'expliquer de diverses façons :

1. Par la transformation sur place de cellules germinales embryonnaires; rien dans l'état actuel de nos connaissances ne nous permet de le supposer.

2. Par migration à partir de la surrénale. Cette hypothèse est plus plausible; nous y sommes conduits par l'étude comparée des nodules, qui nous fournit les différentes étapes de cette migration : *a.* tassement des cellules phæochromes contre la cloison qui sépare le nodule et la surrénale; *b.* invasion du conjonctif intertubulaire; *c.* pénétration à l'intérieur de tubes séminifères. En outre, cette hypothèse concorde avec le fait que la migration décroît à partir du foyer d'invasion. Toutefois, il semble plausible d'admettre que seuls les canaux dégénérés exercent ce tropisme

puisque les canaux fonctionnels placés au milieu de la surrénale n'offrent pas trace d'éléments phæochromes.

L'explication de la pénétration à l'intérieur du canalicule nous paraît plus délicate. La cellule a-t-elle franchi la paroi ? L'examen des coupes ne nous permet pas de l'affirmer. Il nous semble plus rationnel de penser que cette pénétration s'est produite par des tubes restés ouverts lors des transplantations accidentelles. Au surplus, au moment des opérations, le testicule n'était pas en fonction, ce qui créait peut-être la condition favorable à la migration.

Conclusion. — Il résulte en tout cas de cette pénétration phæochrome que le testicule aspermatogène réalise, ainsi que le tissu cortical, des conditions de milieu qui permettent aux éléments médullaires de continuer à vivre et à sécréter l'adrénaline.

D'autre part, on sait que le tissu cortical et le tissu séminal ont une parenté ontogénique, dérivant l'un et l'autre de bourgeons contigus de l'épithélium œlomique : cette parenté embryologique se trouve corroborée par la possibilité d'entrer tous deux en connexion avec la cellule phæochrome.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'évolution des Infusoires des Lamellibranches. Relations des Hypocomidés avec les Ancistridés. Le genre* Hypocomides, n. gen. Note de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Le genre *Hypocoma* a été créé par Grüber (1884) pour un infusoire qu'il a trouvé rampant à la surface des individus de *Zoothamnium*, au moyen d'une aire ciliaire aplatie, tout le reste du corps étant dépourvu de cils. Quoiqu'il n'eût ni cirres, ni membrane adorale, Grüber le classa parmi les Hypotriches. Plate (1888) découvrit un tentacule à une des extrémités de l'aire ciliaire et considéra cet organisme comme intermédiaire entre les Ciliés et les Acinétiens. Telle est aussi l'opinion de Bütschli qui voit dans les *Hypocoma* des formes très primitives apparentées aux Holotriches Chlamydodontidés, et souches de tous les Acinétiens. B. Collin (1907-1912) les tient au contraire pour des formes très spécialisées de ces derniers, et comme « terme extrême d'une série ». Il les sépare catégoriquement des Chlamydodontidés à cause de leur « ciliature péritriche » et les fait dériver des embryons d'*Ephelota*. Ce seraient ainsi des Acinétiens qui demeureraient toute leur vie à l'état d'embryons. L'an dernier Lichtenstein a fait connaître un *Hypocoma* vivant sur les branchies des Patelles, que nous avons

retrouvé à Roscoff. Nous avons rencontré dans la même station d'autres formes d'Hypocomidés sur divers Lamellibranches. Leur étude nous met à même de démontrer, sans doute possible, croyons-nous, que ces formes se relient par des transitions très ménagées aux Holotriches de la famille des Ancistridés qui hantent eux-mêmes les branchies des Acéphales.

Maupas, puis Issel, ont montré que les Ancistridés sont des Holotriches très modifiés du fait de leur condition sessile. Leur immobilisation est réalisée par des cils spécialisés, capables de rigidité au contact des supports (thigmotactisme de Jennings). L'aire de cils ainsi spécialisés, que nous appellerons aire thigmotactique, n'est pas indépendante de la ciliature générale. Elle est formée par l'ensemble des segments postérieurs, plus ou moins étendus, des stries méridiennes de la face ventrale, où les grains basaux des cils sont plus serrés qu'ailleurs. Comme Maupas et Fauré-Frémiet l'ont déjà mis en lumière, la condition fixée s'accompagne chez les Ancistridés, ainsi que chez les autres Ciliés, d'un grand développement de la zone adorale, qui devient une hélice à plus d'un tour chez les *Boveria*, les *Plagiospira* et les *Hemispeira*, appareil capable d'attirer de loin les particules alimentaires.

Mais il est des Ancistridés chez lesquels s'ajoute à l'aire thigmotactique un appareil de fixation plus parfait : un bouton adhésif qui se différencie au pôle postérieur. Inexistant chez les *Boveria*, à peine ébauché chez les *Plagiospira*, nettement indiqué chez l'*Ancistrum mytili*, il est bien développé chez l'*Ancistrum cyclidioïdes* de *Tellina tenuis*, toutes formes que nous avons réétudiées.

Il devient un piston rétractile et protractile chez les *Hypocomides*, genre nouveau dont nous avons découvert deux espèces à Roscoff, l'une sur *Modiolaria marmorata* et l'autre sur *Mytilus edulis*, où elle coexiste avec l'*Ancistrum*.

Les *Hypocomides* sont ainsi fixés par un piston postéro-terminal, déjeté ventralement, qui ventouse fortement les cellules épithéliales de la branchie et s'y enfonce parfois. C'est certainement un organe d'absorption en plus d'un organe de fixation, un suçoir par conséquent. La preuve en est que, dans ces formes, la bouche s'est oblitérée et que l'aire adorale elle-même a régressé au point qu'elle n'est plus représentée chez *H. modiolariæ*, n. sp. que par un segment d'hélice d'un tiers de tour, et chez *H. mytili*, n. sp. par un segment beaucoup plus court encore, constitué seulement par une dizaine de grands cils. C'est l'existence de cette zone adorale qui distingue

le nouveau genre *Hypocomides* du genre *Hypocoma*. En rapport avec la condition fixée, la ciliature générale a presque complètement disparu, tandis que l'aire thigmotactique seule s'est conservée. Deux lignes ciliaires chez *H. modiolariæ*, deux côtes sans cils chez *H. mytili*, les unes et les autres à gauche de l'aire thigmotactique, sont tout ce qui reste de la ciliature générale.

Chez *Cardium edule*, nous avons étudié un *Hypocoma* nouveau, abondant dans les cavités internes de la branchie. Il forme là un revêtement d'individus serrés les uns contre les autres, enfonçant profondément leur suçoir dans les cellules épithéliales. Cet *Hypocoma* n'a plus ni trace de bouche, ni trace de ciliature générale; son aire thigmotactiqne seule persiste. Il en est de même chez l'*Hypocoma patellæ* de Lichtenstein.

Remarque extrêmement importante : dans toutes ces formes sans exception, les stries ciliaires de l'aire thigmotactique se terminent, comme l'a fort bien vu Lichtenstein chez *H. patellæ*, indépendamment les unes des autres vers l'avant, et ne sont jamais, comme chez les *Hypocoma* étudiés par Collin, disposées en ceinture, c'est-à-dire suivant le type péritriche. L'interruption de ces stries n'est pas, comme le pense Lichtenstein, dûe à la régression d'une ciliature péritriche primitive; elle n'est que le reste de la ciliature à stries méridiennes des Ancistridés.

La question se pose de savoir si les *Hypocoma* (*H. acinetarum*, *H. ascidiarum*) étudiés par Collin ont bien réellement une ciliature du type péritriche. Il est difficile de s'en assurer d'après ses figures. Chez *H. acinetarum*, les stries se perdent en avant dans le cytostome, chez *H. ascidiarum* elles sont figurées méridiennes, et il ne semble pas qu'il y ait continuité entre elles au pôle postérieur.

La conjugaison des *Hypocoma* était jusqu'ici inconnue. Nous l'avons vue dans l'*Hypocoma cardii* et dans l'*Hypocomides modiolariæ*. Elle y est partielle comme chez les Ciliés Holotriches et s'effectue par le pôle antérieur.

Notre conception de l'origine des Hypocomidés lève une difficulté d'orientation et d'homologies qui a été jusqu'ici éludée. Chez les Acinétiens, l'appareil tentaculaire se développe au pôle adoral. Seuls les *Hypocoma* auraient fait exception à cette règle en développant leur tentacule au pôle postérieur, précisément à la place où se forme le style des Acinètes pédonculés. En réalité le suçoir des *Hypocoma* est l'homologue d'un style et nullement celui d'un tentacule.

Ainsi, pour nous, les *Hypocoma* sont, non pas des Acinétiens néoténiques, mais des Ancistridés, qui, de commensaux, sont devenus parasites grâce au développement de leur suçoir fonctionnant comme organe fixateur et absorbant. La disparition de la bouche, la régression de la zone adorale et de la

ciliature générale, sont les conséquences de cette condition parasitaire. Seule l'aire thigmotactique s'est conservée, leur permettant de ramper sur leur support et de se déplacer lorsque les cellules attaquées sont épuisées.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur les rapports du* B. Abortus (*Bang*) *et du* Micrococcus melitensis. Note [1] de M. **Et. Burnet**, présentée par M. Roux.

Entre le microbe de l'avortement épizootique (B. de Bang) et le microbe de la fièvre méditerranéenne, les ressemblances sont si étroites que l'on est amené à croire qu'il s'agit de la même espèce microbienne.

Le problème de leurs rapports, posé par A. C. Evans en 1918, ne touche pas seulement à un point de classification et de nomenclature; il intéresse la pathologie et l'hygiène. Bien que, dans les pays où règne l'avortement épizootique, on n'ait pas observé avec certitude la contamination de l'espèce humaine, on se demande partout si le microbe de l'avortement n'est pas pathogène pour l'homme ou susceptible de le devenir.

La plupart des auteurs qui ont abordé ce sujet travaillaient dans des contrées où le microbe de Bang est répandu et où manque la fièvre méditerranéenne; ils l'ont considéré surtout du point de vue du *B. arbotus*. La Tunisie nous offrant, au contraire, le *M. melitensis* en abondance, c'est par ce côté que nous avons abordé la question.

Nous nous sommes servi de deux souches de B. de Bang, isolées l'une (P) chez le porc, l'autre (V) chez le veau, dont nous sommes redevables à la collection de cultures de l'Institut Lister.

L'étude comparative a porté sur trois points :

1° *Caractères de forme et de culture.* — Entre *B. abortus* et *M. melitensis*, les différences sont si faibles, même si discutables, qu'aucun observateur n'a cru qu'elles puissent servir à un diagnostic. Il n'y a pas lieu d'insister.

2° *Pouvoir pathogène.* — On sait que les différentes espèces animales ne se comportent pas de la même manière vis-à-vis du *M. melitensis* : les deux microbes doivent donc être comparés par inoculations à diverses espèces animales.

Les auteurs qui les ont le plus minutieusement comparés aboutissent à cette conclusion, que, pour le cobaye, le *B. abortus* est plus pathogène que

---

[1] Séance du 23 octobre 1922.

le *M. melitensis*, et que c'est le contraire chez le singe (ils ne sont pas parvenus à infecter des singes de l'espèce *Pithecus syrichta* avec des doses mille fois supérieures aux doses sûrement infectantes de *M. melitensis*).

Les expérimentateurs qui ont déterminé l'avortement chez des femelles de cobaye pleines en leur inoculant du *B. abortus* en ont fait autant en injectant du *melitensis*. C'est affaire de doses. Chez nos cobayes infectés, aussi bien de *B. abortus* que de *melitensis*, nous n'avons pas vu survenir d'avortements, et la natalité a été aussi bonne que dans des lots de cobayes témoins.

Chez le cobaye, les lésions, les localisations, les complications (arthrites) sont exactement les mêmes avec les deux microbes. Dans les deux cas, l'infection a la même allure.

Mais un fait important domine ces expériences. Les divers échantillons de *B. abortus*, comme ceux de *M. melitensis*, paraissent être de virulence inégale. Éprouvés sur le cobaye, deux *melitensis* peuvent être plus différents entre eux que tel *abortus* comparé à tel *melitensis*. Comment distinguera-t-on un *abortus* peu virulent d'un *melitensis* très virulent?

La question ne peut être poussée plus loin que par des expériences sur les singes, les seuls animaux qui répondent à l'injection ou à l'ingestion de *melitensis* par une maladie fébrile semblable à la fièvre ondulante de l'homme.

3° *Réactions d'immunité.* — Nos expériences d'agglutination croisée nous ont montré, comme à nos prédécesseurs, que la séro-réaction ne permet pas de distinguer un *abortus* d'un *melitensis*. Il n'est pas rare qu'un sérum anti-*melitensis* agglutine les *abortus* à un taux plus élevé que les *melitensis*, et, réciproquement, qu'un sérum anti-*abortus* agglutine les *melitensis* à un taux plus élevé que les *abortus*.

Les expériences d'adsorption (épreuve de Castellani) ont montré que les deux microbes renferment les mêmes antigènes, dont les proportions seulement sont variables.

A ce point de vue, il n'est pas possible de concevoir les rapports de l'*abortus* et du *melitensis* comme ceux du B. typhique et des bacilles paratyphiques.

Nous nous sommes attaché particulièrement à une autre réaction d'immunité, la réaction de l'organisme au filtrat de culture, qui nous a fourni un nouveau procédé de diagnostic de l'infection à *melitensis*.

Nous avons d'abord constaté que le cobaye infecté de *B. abortus* réagit

au filtrat d'une culture de ce microbe (abortine), inoculé dans le derme, comme le cobaye infecté de *melitensis* réagit au filtrat de culture du *melitensis* (mélitine).

Nous avons vu ensuite que le cobaye infecté de *B. abortus* est aussi sensible à la mélitine qu'à l'abortine. Réciproquement, le cobaye infecté de *melitensis* n'est pas moins sensible à l'abortine qu'à la mélitine.

Et de même que nous avons vu des sérums anti-*melitensis* agglutiner des échantillons d'*abortus* à un taux plus élevé que des *melitensis*, de même nous avons eu en mains une abortine plus active, sur les cobayes infectés de *melitensis*, que la mélitine dont nous nous servions habituellement.

La comparaison est plus intéressante à poursuivre chez l'homme, parce que l'homme est beaucoup plus sensible à la mélitine (comme à la tuberculine) que le cobaye, et parce que la question de la sensibilité de l'homme au *B. abortus* a été posée.

Quatre sujets en cours de fièvre méditerranéenne ont été soumis à l'intradermoréaction, pratiquée en même temps sur chacun, avec trois filtrats, notre mélitine habituelle (connue comme très active) et deux abortines (P et V).

Les trois réactions ont été positives en même temps chez ces quatre sujets, et, chez les quatre, c'est l'abortine P qui a provoqué la réaction la plus forte.

L'homme atteint de fièvre méditerranéenne étant pris comme réactif, on ne peut même pas admettre entre la mélitine et l'abortine la différence qui existe, par exemple, entre la tuberculine humaine et la tuberculine aviaire. L'analogie existerait plutôt avec les tuberculines humaine et bovine.

Enfin, de même que le cobaye infecté de *melitensis* peut succomber à l'injection péritonéale d'une forte dose de mélitine, le cobaye infecté d'*abortus* peut succomber à une même dose d'abortine; et l'abortine tue le cobaye infecté de *melitensis*, comme la mélitine tue le cobaye infecté d'*abortus*.

En somme, ni les caractères de forme et de culture, ni le pouvoir pathogène pour le cobaye, ni les réactions dites d'immunité ne permettent de distinguer le *B. abortus* du *M. melitensis*.

La seule différence qui subsiste entre eux étant celle de leur pouvoir pathogène pour les singes, et, vraisemblablement, pour l'homme, on ne peut actuellement concevoir leurs rapports que sur l'exemple de ceux qui existent entre le bacille tuberculeux humain et le bacille tuberculeux bovin.

Encore cette comparaison pèche-t-elle en ce qu'elle préjuge de la possibilité d'une différenciation.

Ainsi ces deux microbes, si différents par leur action pathogène caractéristique qu'on ne songeait pas à les rapprocher, sont bactériologiquement indiscernables. C'est l'exemple le plus frappant que nous possédions de ce que peut réaliser l'adaptation des microbes aux espèces animales.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Action des toxines tétanique et diphtérique per os.* Note de MM. **J. Dumas**, **D. Combiesco** et **J. Baltiano**, présentée par M. Roux.

Dans une Note précédente, nous avons montré que l'on peut reproduire l'intoxication dysentérique et l'intoxication cholérique en faisant ingérer à des cobayes ou à des lapins les toxines solubles du bacille de Shiga et du vibrion cholérique. Nous avons recherché si, dans les mêmes conditions, on peut déterminer le tétanos expérimental ou l'intoxication diphtérique.

Il résulte des expériences antérieures de MM. Vaillard et Vincent (1), Gibier (2), Charrin et Lefèvre (3), G. Carrière (4), Vincent (5) Breton et Pettit (6) que l'ingestion des toxines tétanique et diphtérique, même à forte dose, est inoffensive, car elles sont détruites par le suc gastrique ou les autres ferments digestifs. Mais les doses que ces expérimentateurs ont fait

(1) Vaillard et Vincent, *Contribution à l'étude du tétanos* (*Annales de l'Institut Pasteur*, janvier 1921).

(2) P. Gibier, *Des effets produits sur certains animaux par les toxines et les antitoxines de la diphtérie et du tétanos injectées dans le rectum* (*Comptes rendus*, 1896, p. 1075).

(3) Charrin et Lefèvre, *Action des sucs digestifs sur les toxines* (*C. R. Soc. de Biologie*, 30 juillet 1898, p. 818).

(4) G. Carrière, *Étude expérimentale sur le sort des toxines et antitoxines introduites dans le tube digestif des animaux* (*Ann. de l'Institut Pasteur*, 1899, p. 435).

(5) H. Vincent, *Action du gros intestin sur la toxine tétanique* (*C. R. Soc. de Biologie*, 1908, p. 162); *Sur le mode de destruction de la toxine tétanique dans l'estomac* (*C. R. Soc. de Biologie*, 1908, p. 729); *Mode de destruction de la toxine tétanique dans l'intestin; action antitoxique du suc pancréatique activé* (*C. R. Soc. de Biologie*, 1908, p. 797).

(6) M. Breton et G. Pettit, *Passage de la toxine et de l'antitoxine à travers la muqueuse du gros intestin* (*C. R. Soc. de Biologie*, 1908, p. 160).

ingérer à des animaux ne dépassaient pas 1000 doses mortelles. Il nous a semblé intéressant de reprendre ces expériences en utilisant une toxine tétanique très active qui tue le cobaye au $\frac{1}{15000}$ ou au $\frac{1}{20000}$ de centimètre cube.

Nous avons fait absorber ([1]) après 24 heures de jeûne, $\frac{1}{10}$ de toxine tétanique et le lendemain 1^{cm^3} à 10 cobayes, 4 ont présenté, 24 heures après la dernière ingestion, un syndrome de tétanos expérimental généralisé. Brusquement, les deux membres postérieurs ou antérieurs sont contractés et immobilisés dans l'extension, puis des crises convulsives généralisées apparaissent, elles sont spontanées ou provoquées par le moindre attouchement. La respiration s'accélère, les crises convulsives deviennent de plus en plus rapprochées et l'animal exténué se couche sur le côté et meurt après quelques heures.

En donnant une forte dose de toxine tétanique à un cobaye par exemple, 6^{cm^3} en une seule ingestion, on provoque en moins de 24 heures l'apparition d'un tétanos splanchnique expérimental. Le cobaye est légèrement dyspnéique, puis les deux pattes postérieures et antérieures sont contractées et immobilisées dans l'extension. L'animal est raide et figé sur ses quatre pattes, le dos voûté, rappelant, suivant la comparaison de M. Binot ([2]), « l'attitude d'un cobaye de bois ». La dyspnée devient de plus en plus vive, des spasmes du diaphragme apparaissent, l'animal est inquiet et meurt très rapidement. L'évolution de ce tétanos s'est déroulée en quelques heures.

Le lapin, beaucoup plus résistant que le cobaye à la toxine tétanique, peut en supporter par ingestion de très fortes doses. En quatre repas, trois lapins ont absorbé, l'un 7^{cm^3} de toxine, le deuxième 12^{cm^3}, et le troisième 24^{cm^3}. Ces animaux n'ont présenté aucun symptôme de tétanos.

Le lapin, est au contraire plus sensible que le cobaye à l'ingestion de toxine diphtérique. Ainsi après un jeûne de 24 heures, 7 lapins ont absorbé pendant trois jours consécutifs 3^{cm^3}, 4^{cm^3}, 5^{cm^3} et 9^{cm^3} de toxine diphtérique très active tuant le cobaye à $\frac{1}{1000}$ de centimètre cube. Cinq lapins ont succombé 24 heures ou 48 heures après la dernière ingestion. A l'autopsie nous avons observé une congestion intense de l'intestin grêle et une dégénérescence très marquée du foie. La rate, les reins et les capsules surrénales

---

([1]) Technique décrite dans la Note de J. Dumas et Combiesco, *Intoxication dysentérique du lapin et intoxication cholérique du cobaye par ingestion de toxines dysentériques et cholériques solubles* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 652).

([2]) J. Binot, *Étude expérimentale sur le tétanos* (Thèse, 1899).

avaient un aspect normal. Le cœur et les poumons étaient sains; sur les coupes du foie, on remarquait une dégénérescence graisseuse au centre des lobules. Le protoplasme de nombreuses cellules hépatiques avait un aspect vacuolaire et fenêtré. Les vaisseaux étaient congestionnés; les capillaires bourrés de globules rouges et, en de nombreux endroits, des hémorragies intralobulaires atteignaient les espaces porte.

Le cobaye supporte de fortes doses de toxine diphtérique. Sur 10 cobayes qui ont absorbé en 5 repas jusqu'à 9^{cm^3} de toxine diphtérique, 4 seulement ont succombé 3 à 4 jours après la dernière ingestion. L'autopsie des animaux a révélé les lésions suivantes : hypertrophie et congestion des capsules surrénales, congestion du foie et des reins. On peut cependant rendre le cobaye plus sensible en lui faisant absorber une plus grande quantité de toxine en un seul repas. Ainsi un cobaye a succombé en 24 heures après l'ingestion de 7^{cm^3} de toxine diphtérique. L'intestin grêle était hypérémié et les capsules surrénales étaient congestionnées et hypertrophiées.

Conclusions. — Il est facile de reproduire le tétanos expérimental du cobaye en faisant ingérer à l'animal, en plusieurs repas, 3^{cm^3} à 10^{cm^3} de toxine tétanique. Le lapin reste bien portant même après ingestion de 24^{cm^3} de toxine tétanique.

Cet animal est au contraire plus sensible que le cobaye à l'ingestion de toxine diphtérique. On peut cependant provoquer l'intoxication diphtérique en faisant absorber au cobaye 7^{cm^3} de toxine qui tue le cobaye au $\frac{1}{1000}$ de centimètre cube.

Les résultats de nos expériences sont en contradiction avec ceux obtenus par d'autres expérimentateurs, mais cette discordance s'explique par ce fait que les toxines tétanique et diphtérique que l'on prépare actuellement sont beaucoup plus actives que celles d'autrefois.

La séance est levée à 16 heures.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 22 mai 1922.)

Note de M. *Rolf Nevanlinna*, Sur les relations qui existent entre l'ordre de croissance d'une onction monogène et la densité de ses zéros :

Page 1326, ligne 20, *au lieu de*

$$\sum_{1}^{\infty} \frac{1}{r^n},$$

lire

$$\sum^{\infty} \frac{1}{r_n^k}.$$

(Séance du 25 septembre 1922.)

Note de M. *E. Fournier*, Sur la nature et la structure du substratum de la chaîne du Jura :

Page 492, ligne 14, *au lieu de* sur le Trias, *lire* sous le Trias.